



**TUGAS AKHIR - TM141585**

**RANCANG BANGUN *CUP EJECTOR* PADA PROSES  
*DEEP DRAWING CUP* SELONGSONG PELURU  
KALIBER 20 MM**

Afrizal Yuliafif  
NRP. 2111100097

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M.Eng

Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**TUGAS AKHIR - TM141585**

**RANCANG BANGUN *CUP EJECTOR* PADA PROSES  
*DEEP DRAWING CUP* SELONGSONG PELURU  
KALIBER 20 MM**

Afrizal Yuliafif  
NRP. 2111100097

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M.Eng

Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**FINAL PROJECT - TM141585**

**DESIGN OF CUP EJECTOR MECHANISM FOR DEEP  
DRAWING PROCESS TO MAKE 20 MM-CALIBER  
OF SHELL BULLET**

Afrizal Yuliafif  
NRP. 2111100097

Academic Supervisor  
Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M.Eng

Department of Mechanical Engineering  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017

**RANCANG BANGUN *CUP EJECTOR* PADA PROSES  
*DEEP DRAWING CUP* SELONGSONG PELURU  
KALIBER 20 MM**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program S-1 Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**AFRIZAL YULIAFIF**

**NRP. 2111 100 097**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M. Eng. (NIP. 195811061986011002) (Pembimbing)
2. Ir. Bambang Pramujati, M.Sc. Eng. Ph.D. (NIP. 196912031994031003) (Penguji I)
3. Arif Wahyudi, ST, MT, Ph.D. (NIP. 197303222001221001) (Penguji II)
4. Dinny Harnany, ST, MSc. (NIP. 2100201405001) (Penguji III)

**SURABAYA**

**2017**

# **RANCANG BANGUN *CUP EJECTOR* PADA PROSES *DEEP DRAWING CUP* SELONGSONG PELURU KALIBER 20 MM**

**Nama Mahasiswa :** Afrizal Yuliafif  
**NRP** : 2111100097  
**Departemen** : Teknik Mesin  
**Pembimbing** : Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M.Eng

## **Abstrak**

Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk bekerjasama dengan Laboratorium Otomasi Manufaktur Teknik Mesin FTI ITS sedang mengembangkan mesin *press tool* untuk proses *deep drawing* selongsong peluru kaliber 20 mm. Hingga saat ini telah dirancang dan dibuat bagian-bagian utama dari mesin *press tool* seperti *frame*, *bed*, *actuator* dan dudukannya, dan ram besertaudukan dan pemegangnya. Selanjutnya pada tahun 2016, rencana penelitian dari rancangan ini adalah rancang bangun cetakan *deep drawing*, alat pengumpan *blank* dan pengambil *cup* hasil proses *deep drawing*, dan alat pengeluaran *cup* dari lubang *die*. Disamping itu, perancangan dan pembuatan sistem hidrolik dan sistem kontrol gerakan *punch* juga dilakukan. Hingga saat ini belum dirancang dan dibuat *cup ejector* untuk mengeluarkan benda kerja dari dalam *die*. Maka dari itu pada tugas akhir ini dilakukan perancangan dan pembuatan *cup ejector*.

Untuk merancang *cup ejector*, perlu memperhatikan komponen yang sudah ada seperti *die*, *die fixture*, *bed*, *frame*, dan tiang pengarah. Proses perancangan ini meliputi pembuatan daftar kebutuhan, dimensi dan geometri, gambar 3D, gambar 2D, dan perhitungan kekuatan komponen *cup ejector*. Setelah itu dilakukan pembuatan, perakitan dan ujicoba fungsi *cup ejector*. Uji coba fungsi dilakukan untuk mengetahui jarak tekan

maksimum pada *cup ejector* dan kemampuan *cup ejector* dalam mengeluarkan cup.

Dari tugas akhir ini didapatkan hasil simulasi dengan menggunakan *software CAD* yang dilakukan menunjukkan komponen *cup ejector* aman dan kuat digunakan. Dari uji gerak punch menekan *ejector* sebanyak 10 kali percobaan, didapat jarak tekan rata-rata pada *cup ejector* ini adalah 42,17 mm. Artinya pemendekan pegas tekan yang digunakan pada *ejector* dapat mencapai 42,17 mm, sehingga *blank* pada proses *deep drawing* dapat ditekan maksimum sejauh 42,17 mm. Dari percobaan pengeluaran *cup* sebanyak 5 kali, terlihat bahwa *ejector* dapat mengeluarkan seluruh *cup* dari bibir *drawing die*. Artinya *ejector* dapat memenuhi fungsi yang ditetapkan.

**Kata kunci : *Cup Ejector, Deep Drawing, Selongsong Peluru.***

# **DESIGN OF CUP EJECTOR MECHANISM FOR DEEP DRAWING PROCESS TO MAKE 20 MM-CALIBER OF SHELL BULLET**

**Name** : Afrizal Yuliafif  
**NRP** : 2111100097  
**Department** : Mechanical Engineering  
**Advisor** : Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M.Eng

## **Abstract**

The Product Design and Development Laboratory in collaboration with the Manufacturing Automation Laboratory of Mechanical Engineering ITS is developing a press tool machine for deep drawing process of 20-mm caliber of shell bullet. Until now it has been designed and made the main parts of the press tool machine such as frame, bed, actuator, and ram with the holder. Furthermore in 2016, the research plan of this design was the design of deep drawing punch and die, blank feeding tools, and deep drawing cup takers, and the cup ejector from the *die* hole. In addition, the design and manufacture of hydraulic systems and punch control systems are performed. Until now it has not been designed and made cup ejector to remove the cup from inside the die. Therefore, this final project work about designing and making a cup ejector.

To design a cup ejector, we need to pay attention to the existing components such as die, die fixture, bed, frame, and guide pole. This design process was conducted in several steps there are making a list of requirement, dimensions and geometry, drafting from 3D drawing and calculating the component strength of cup ejector. Than, it will take about made the component and do the assembly process on the press tool machine. After that, the performance of cup ejector is . Function experiment of cup ejector is made for knowing the maximum distance of cup ejector and

ability to eject the cup from die hole after deep drawing process was done.

From this final project we get the simulation result by using CAD software to show all components of cup ejector safe and strong enough. The result from punch movement push ejector test 10 times produce the average press distance to the ejector has an average 42,17 mm. It means spring compression can be shorten up to 42,17 mm, so *blank* at the deep drawing process can be push to 42,17 maximum distance. From the 5 times ejecting cup experiment, ejector can eject all cups from drawing die. It means ejector can fill it's function that determined by designer.

**Keywords: Cup Ejector, Deep Drawing, Shell Bullet.**



## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kehadiat ALLAH Subhanahu wa ta'ala atas segala limpahan rahmat, pertolongan, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN CUP EJECTOR PADA PROSES DEEP DRAWING CUP SELONGSONG PELURU KALIBER 20 MM”**.

Atas bantuan berbagai pihak pada proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- Orang tua penulis Bapak Samsuri dan Ibu Mu'alimah yang senantiasa mendo'akan serta mendukung dan adik tercinta Hasan Dwi Nurrochmad yang selalu mendorong penulis untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
- Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M. Eng. selaku dosen pembimbing dalam penulisan Tugas Akhir ini.
- Bapak Ir. Bambang Pramujati, M.Sc. Eng, Ph.D, Bapak Arif Wahyudi, ST, MT, Ph.D., dan Ibu Dinny Harnany, ST, MSc selaku dosen penguji tugas akhir.
- Bapak Dr Eng Sutikno, ST, MT selaku dosen wali saya selama berkuliah di Teknik Mesin FTI ITS.
- Seluruh karyawan Departemen Teknik Mesin ITS yang telah memberikan motivasi, semangat, dan bantuan kepada saya selama berkuliah.
- Teman-teman seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir: Dicky, Agus, Arif, Ayek, Bang Boy, Bang Boy, dan Mas Popo.
- Teman-teman anggota Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk (P3) yang selalu membantu.
- Teman-teman kontrakan Gilang, Fa'ul, Shidqon, Galih, Bustan, Deni, Ihsan, Bagas dan Arif.
- Dan semua pihak yang terlibat dalam penyusunan laporan ini, yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik terhadap penulis sangat diperlukan. Semoga tugas akhir ini dapat berguna bagi semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, Agustus 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan.....	iii
Abstrak .....	v
Abstract .....	vii
Kata Pengantar .....	ix
Daftar Isi .....	xi
Daftar Gambar .....	xv
Daftar Tabel.....	xvii
Daftar Lampiran .....	xix

## BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3

## BAB II DASAR TEORI

2.1. <i>Deep Drawing</i> .....	5
2.2. Gaya Gesek .....	6
2.3. <i>Ejector</i> .....	6
2.4. Pegas Tekan.....	7
2.5. <i>Stress Strain</i> Diagram.....	9
2.6. Teori Kegagalan .....	11
2.5.1. Teori Analisa Kegagalan Statis.....	12
2.5.2. Teori Analisa Kegagalan Dinamis .....	12
2.5.3. Teori Kegagalan Normal Maksimum .....	12
2.5.4. Teori Kegagalan Tegangan Geser Maksimum .....	13
2.5.5. Teori Kegagalan Distorsi Energi Maksimum .....	13
2.6. <i>Safety Factor</i> .....	13

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1. Diagram Alir Penelitian.....	17
3.2. Langkah-Langkah Penelitian.....	18
3.2.1. Studi Literatur dan Lapangan.....	18
3.2.2. Perumusan Masalah .....	19
3.2.3. Peraancangan Mekanisme Pengeluaran <i>Cup</i> .....	19
3.2.4. Penyusunan <i>List of Requirement</i> dari <i>Cup Ejector</i> .....	19
3.2.5. Perancangan dan Pembuatan <i>Cup Ejector</i> .....	19
3.2.6. Perakitan <i>Cup Ejector</i> pada <i>Die Fixture</i> dengan <i>Bed</i> ..	19
3.2.7. Uji Coba Fungsi .....	19
3.2.8. Evaluasi Hasil Uji Coba.....	20
3.2.9. Kesimpulan dan Saran .....	20

### **BAB IV PERANCANGAN CUP EJECTOR**

4.1. Komponen-Komponen Penting dalam Perancangan <i>Cup Ejector</i> .....	21
4.2. Rancangan Pengeluaran <i>Cup (Cup Ejector)</i> .....	24
4.2.1. Daftar Kebutuhan ( <i>List of Requirement</i> ) dari <i>Cup Ejector</i> .....	24
4.2.2. Perancangan Mekanisme <i>Cup Ejector</i> .....	25
4.2.3. Perhitungan Kekuatan Komponen <i>Cup Ejector</i> .....	27

### **BAB V PEMBUATAN, PERAKITAN, DAN PENGUJIAN CUP EJECTOR**

5.1. Pembuatan Komponen.....	39
5.2. Perakitan Komponen <i>Cup Ejector</i> .....	52
5.3. Uji Coba Fungsi Pengeluaran <i>Cup</i> Silindris dengan <i>Cup Ejector</i> .....	54
5.3.1. Persiapan Alat dan Bahan .....	54
5.3.2. Langkah-Langkah Uji Coba Fungsi Pengeluaran <i>Cup</i> Silindris .....	55
5.3.3. Hasil Uji Coba Pengeluaran <i>Cup</i> Silindris.....	57
5.3.3.1. Hasil Uji Coba dan Bahasan Jarak Maksimum Penekanawn pada <i>Cup Ejector</i> .....	57
5.3.3.2. Hasil Uji Coba dan Bahasan Pengeluaran <i>Cup</i>	

dari Dalam <i>Die</i> .....	58
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
6.1. Kesimpulan.....	61
6.2. Saran.....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	63
<b>LAMPIRAN</b> .....	65
<b>BIOGRAFI PENULIS</b> .....	67

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Rancangan <i>mesin press tool</i> .....	1
Gambar 1.1. Bentuk <i>cup</i> material selongsong peluru kaliber 20 mm.....	2
Gambar 2.1. Skema ilustrasi proses <i>deep drawing</i> .....	5
Gambar 2.2. Pegas.....	8
Gambar 2.3. Defleksi pegas; $h_f$ , $\delta_w$ , $\delta_s$ , dan $h_s$ pada pegas tekan .....	9
Gambar 2.4. <i>Stress Strain Diagram</i> .....	10
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian. ....	17
Gambar 3.2. Ilustrasi urutan proses <i>deep drawing</i> .....	18
Gambar 4.1. <i>Bed mesin press tool</i> .....	21
Gambar 4.2. Gambar <i>die</i> yang telah dirancang .....	22
Gambar 4.3. <i>Die fixture</i> yang telah dirancang.....	23
Gambar 4.4. Rancangan modifikasi <i>die fixture</i> .....	23
Gambar 4.5. Rancangan mekanisme <i>cup ejector</i> .....	25
Gambar 4.6. (a) Posisi <i>cup</i> saat proses <i>deep drawing</i> berlangsung. (b) Jarak tekan maksimum ke dalam lubang <i>die</i> (43 mm).....	28
Gambar 4.7. Berbagai simbol defleksi pada pegas.....	28
Gambar 4.8. <i>Free body diagram</i> gesekan antara <i>die</i> dan <i>cup</i> . ..	29
Gambar 4.9. Penampang Luasan yang menerima $F_{horizontal}$ .....	30
Gambar 4.10. Hasil simulasi tegangan komponen pelat penyangga <i>cup</i> .....	32
Gambar 4.11. Hasil simulasi tegangan komponen poros <i>ejector</i> .....	33
Gambar 4.12. Hasil simulasi tegangan komponen penahan pegas atas .....	34
Gambar 4.13. Hasil simulasi tegangan komponen penahan pegas bawah.....	34
Gambar 4.14. Hasil simulasi tegangan komponen pelat penyangga .....	35
Gambar 4.15. Hasil simulasi tegangan komponen tiang penyangga .....	36

Gambar 5.1. Gambar <i>assembly cup ejector</i> (2D) .....	39
Gambar 5.2. Rancangan modifikasi <i>die fixture</i> .....	39
Gambar 5.3. <i>Die fixture</i> sebelum dan setelah dimodifikasi .....	41
Gambar 5.4. Rancangan pelat penyangga <i>cup</i> .....	42
Gambar 5.5. Hasil manufaktur pelat penyangga <i>cup</i> .....	42
Gambar 5.6. Poros <i>ejector</i> .....	43
Gambar 5.7. Hasil manufaktur poros <i>ejector</i> .....	44
Gambar 5.8. Penahan pegas atas .....	44
Gambar 5.9. Hasil manufaktur penahan pegas atas .....	45
Gambar 5.10. Penahan pegas bawah .....	46
Gambar 5.11. Hasil manufaktur penahan pegas bawah .....	47
Gambar 5.12. Pelat penyangga .....	48
Gambar 5.13. Hasil manufaktur pelat penyangga .....	49
Gambar 5.14. Tiang penyangga .....	50
Gambar 5.15. Hasil manufaktur tiang penyangga .....	51
Gambar 5.16. Pengaturan letak peralatan pada mesin press hidrolik (a) tanpa <i>die</i> (b) dengan <i>die</i> .....	55
Gambar 5.17. Proses uji coba jarak maksimum penekanan pada <i>cup ejector</i> . .....	56
Gambar 5.18. Proses uji coba pengeluaran <i>cup</i> . .....	57
Gambar 5.19. <i>Cup</i> yang digunakan pada pengujian pengeluaran <i>cup</i> .....	58
Gambar 5.19. Permukaan bibir <i>cup</i> silindris yang miring dan tidak rata .....	60
Gambar 5.20. Kondisi alat pengganti <i>punch</i> saat proses penekanan <i>cup</i> silindris .....	60



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. <i>Safety factor</i> / faktor keamanan.....	14
Tabel 4.1. Daftar kebutuhan <i>cup Ejector</i> .....	24
Tabel 4.2. Rancangan bagian-bagian <i>cup ejector</i> .....	25
Tabel 4.3. Komponen-komponen <i>cup ejector</i> .....	27
Tabel 4.4. Massa masing-masing komponen .....	27
Tabel 5.1. Proses modifikasi <i>die fixture</i> .....	40
Tabel 5.2. Proses pembuatan pelat penyangga <i>cup</i> .....	42
Tabel 5.3. Proses pembuatan poros <i>ejector</i> .....	43
Tabel 5.4. Proses pembuatan penahan pegas atas .....	45
Tabel 5.5. Proses pembuatan penahan pegas bawah .....	46
Tabel 5.6. Proses pembuatan pelat penyangga .....	48
Tabel 5.7. Proses pembuatan tiang penyangga.....	51
Tabel 5.8. Tahapan perakitan komponen .....	52
Tabel 5.9. Jarak maksimum hasil pengujian <i>cup ejector</i> .....	57
Tabel 5.10. Hasil uji coba pengeluaran <i>cup</i> oleh <i>cup ejector</i> ...	59

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR LAMPIRAN

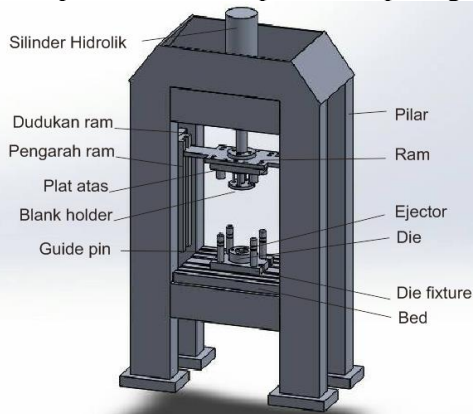
LAMPIRAN A .....	65
Tabel koefisien gesek .....	65
Mechanical properties CuZn30 .....	65
Tolerances (DIN ISO 2768 T2).....	66
Stress Strain Curves of 70-30 Brass.....	66

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB I PENDAHULUAN

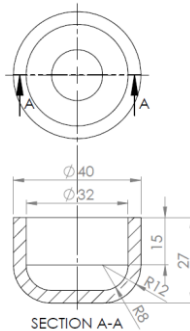
### 1.1. Latar Belakang

Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk bekerjasama dengan Laboratorium Otomasi Manufaktur Teknik Mesin FTI ITS sedang mengembangkan mesin *press* hidrolik untuk proses *deep drawing* selongsong peluru kaliber 20 mm. Rancangan mesin *press* tersebut dapat dilihat pada gambar 1.1.



**Gambar 1.1.** Rancangan mesin *press tool*

Secara umum *deep drawing* merupakan proses manufaktur pembentukan logam dari plat menjadi bentuk *cup*, baik berbentuk silinder (lingkaran), persegi atau bentuk lainnya dengan memanfaatkan *punch* dan *dies* (*press tool*). Proses pembentukan tersebut menggunakan hidrolik untuk menggerakkan *punch*. Saat *punch* menekan material benda kerja berupa *sheet metal* ke dalam *dies*, *plat* akan terdeformasi menjadi bentuk yang sesuai dengan cetakan *die* yaitu berbentuk *cup* yang dimanfaatkan sebagai material awal pembuatan selongsong peluru sebelum proses *ironing*. Geometri *cup* yang diharapkan dari proses *deep drawing* dapat dilihat pada gambar 1.2.



**Gambar 1.2.** Bentuk *cup* material selongsong peluru kaliber 20 mm

Hingga saat ini telah dirancang dan dibuat bagian-bagian utama dari mesin *press tool* seperti *frame*, *bed*, *actuator* dan dudukannya, dan ram besertaudukan dan pemegangnya. Selanjutnya pada tahun 2016, rencana penelitian dari rancangan ini adalah rancang bangun cetakan *deep drawing*, alat pengumpan *blank* dan pengambil *cup* hasil proses *deep drawing*, dan alat pengeluaran *cup* dari lubang *die*. Disamping itu, perancangan dan pembuatan sistem hidrolik dan sistem kontrol gerakan *punch* juga dilakukan.

Alat pengeluaran *cup* dari lubang *die* perlu dirancang dengan maksud *cup* hasil proses *deep drawing* dapat dikeluarkan dengan cepat dan dipindahkan oleh alat pengambil *cup* dari meja mesin, sehingga *cup* dapat diletakkan pada tempat tertentu untuk tahapan proses selanjutnya. Alat pengeluaran *cup* disebut *cup ejector*. *Cup ejector* dapat mengeluarkan *cup* dengan berbagai macam cara seperti didorong atau ditarik secara manual atau dengan bantuan peralatan mekanik/hidrolik.

Berdasarkan dimensi dan geometri *bed* yang sudah ada dan *die set* yang sudah dirancang dan dibuat, maka pada tugas akhir ini dirancang dan dibuat *cup ejector* sebagai alat/mekanisme pengeluaran benda kerja (*cup*) pada proses *deep drawing cup* silindris.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dari uraian singkat diatas dapat ditulis rumusan masalah pada tugas akhir ini yaitu bagaimana merancang dan membuat *cup ejector* untuk mengeluarkan *cup* hasil proses pembentukan *deep drawing* selongsong peluru kaliber 20 mm?

## **1.3. Tujuan**

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah merancang dan membuat *cup ejector* untuk mengeluarkan *cup* hasil proses pembentukan *deep drawing* selongsong peluru kaliber 20 mm.

## **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Perhitungan gaya yang dibahas hanya terjadi pada *cup ejector*.
- b. Komponen standar dan aksesoris pada *cup ejector* tidak dibahas.

## **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah :

- a. Memberikan informasi pada dunia akademik maupun industri tentang perancangan *cup ejector* untuk proses *deep drawing*.
- b. Memberikan kontribusi pada dunia akademik maupun industri tentang perancangan dan pembuatan *cup ejector* pada proses *deep drawing* selongsong peluru kaliber 20 mm.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

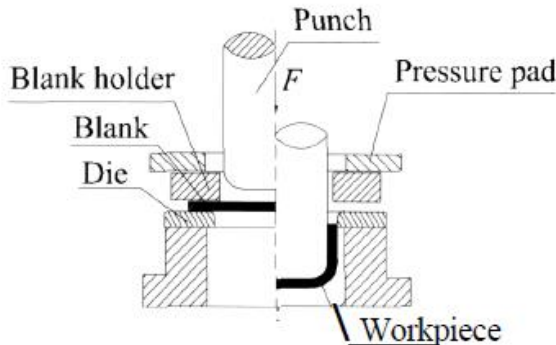


## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1. Deep Drawing

*Metal drawing* atau *deep drawing* adalah proses dimana punch digunakan untuk menekan *sheet metal* sehingga *sheet metal* terdeformasi dan mengalir diantara permukaan *punch* dan *die*. *Sheet metal* yang datar akan terbentuk menjadi *part* silinder atau bentuk kotak. Proses ini memungkinkan untuk memproduksi benda kerja dengan tahap operasi dan *scrap* yang minimal. Pengembangan dari metode spesifik *deep drawing* telah disejajarkan dengan pengembangan teknologi umum, khususnya pada industri otomotif dan pesawat. Proses ini memiliki aplikasi yang luas karena dapat digunakan untuk membentuk *part* dari dimensi kecil hingga besar dan geometri yang kompleks. Selain itu, benda kerja yang dihasilkan dari proses ini juga memiliki kekuatan yang tinggi serta ringan.



**Gambar 2.1.** Skema ilustrasi proses *deep drawing* [2]

Skema ilustrasi dari proses *deep drawing* ditunjukkan pada gambar 2.1. Dari ilustrasi tersebut, benda kerja tidak mengalami pengurangan ketebalan. Komponen dasar dari *deep drawing* adalah *punch*, *dies*, dan *blank holder*. *Deep drawing* merupakan salah satu proses yang paling banyak digunakan

dalam proses pengerjaan *sheet metal* menjadi benda kerja berbentuk *cup*. Contoh produk hasil *deep drawing* adalah panci, wajan, wadah dari berbagai bentuk, kaleng minuman, dan panel mobil dan pesawat.

Gaya *drawing* F (dalam ton) yang dibutuhkan untuk proses *deep drawing* dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$F = \pi dtS \left( \frac{D}{d} \right) - c \dots\dots\dots(2.1)$$

- D = diameter *blank*, in
- d = diameter luar *shell*, in
- c = *constant* (0.6 – 0.7)
- S = *yield strength*, tons/in<sup>2</sup>
- t = ketebalan material, in

**2.2. Gaya gesek**

Gaya gesek merupakan gaya yang melawan arah gerak benda. Gaya ini ditimbulkan akibat dua benda yang saling bersentuhan. Gaya gesek dibedakan menjadi dua yaitu gaya gesek statis dan dinamis. Gaya gesek statis adalah gaya gesek yang timbul saat benda berusaha untuk bergerak, sedangkan gaya gesek kinetis adalah gaya gesek yang timbul saat benda sudah bergerak. Besarnya gaya gesek dapat dirumuskan pada persamaan 2.2.

$$F_f = \mu N \dots\dots\dots(2.2)$$

- F<sub>f</sub> = Gaya gesek (N)
- μ = koefisien gesek
- N = gaya normal (N)

**2.3. Ejector**

Ejector merupakan mekanisme yang berfungsi sebagai alat pengeluaran material hasil proses pemesian (dalam kasus ini proses *deep drawing*). Ejector diperlukan agar material yang selesai diproses dapat diangkat dan dapat di ambil. *Ejector* memiliki berbagai macam tipe, antara lain:

- a. *Pin ejection*  
 Silinder pin mengeluarkan produk jadi dengan cara didorong. Dengan kasus produk yang berbentuk persegi

atau persegi panjang, dibutuhkan minimal 4 pin yang terpasang di setiap penjuru untuk mengeluarkan material. Sementara jika produk jadi berbentuk silinder, maka diperlukan 3 pin berjarak sama antara satu dengan yang lainnya dengan sudut  $13^0$ . Jumlah pin tergantung bentuk dan luas produk.

b. *Sleeve ejection*

*Sleeve ejection* mengeluarkan produk dengan menggunakan core silinder.

c. *Striper plate ejection*

*Stripper plate ejection* banyak digunakan untuk produk yang memiliki area yang luas.

d. *Air ejection*

*Air ejection* adalah sistem pengeluaran material dengan memanfaatkan dorongan udara bertekanan untuk mengangkat benda kerja.

e. *Hidraulic Ejection*

*Hidraulic Ejection* sistem pengeluaran material dengan memanfaatkan dorongan dari kompresi hidrolik untuk mengangkat benda kerja.

## 2.4. Pegas Tekan

Pegas merupakan benda berbentuk spiral yang terbuat dari logam. Pegas memiliki sifat elastis yaitu kemampuan benda untuk kembali ke bentuk semula setelah gaya yang bekerja padanya dihilangkan. Ketika pegas ditekan yang berarti ada gaya luar yang bekerja maka ia akan memendek. Ketika gaya luar itu dihilangkan ia akan kembali ke bentuk semula.

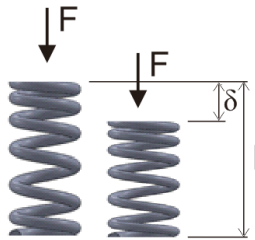
Robert Hooke seorang Ilmuwan asal inggris meneliti tentang gaya pegas. Ilmuwan ini menghasilkan hukum hooke yang menyatakan jika pada sebuah pegas bekerja sebuah gaya luar, maka pegas akan memendek sebanding dengan besarnya gaya yang diberikan. *Hukum Hooke* dirumuskan seperti pada persamaan 2.3.

$$F = k \cdot \delta \dots\dots\dots(2.3)$$

F = w (gaya berat) = gaya pegas = gaya yang bekerja pada pegas

k = konstanta pegas

$\delta$  = perubahan panjang



**Gambar 2.2.** Pegas

Menurut Deutschman, defleksi dari *helical compression spring* dapat dirumuskan pada persamaan 2.4, yaitu:

$$\delta = \frac{64N_aPR^3}{GD^3} \dots\dots\dots(2.4)$$

Sedangkan konstanta pegas dirumuskan pada persamaan 2.5, yaitu:

$$K = \frac{P}{\delta} = \frac{GD^4}{64N_aR^3} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

$N_a$  = jumlah *coil* yang aktif

$\delta$  = defleksi (m)

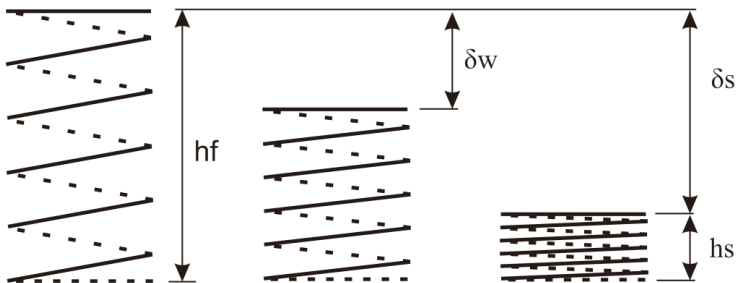
P = Gaya tekan (N)

R = radius *coil* (m)

G = Shear modulus (steel = 79.3 GPa)

D = diameter kawat (m)

Defleksi pegas tekan dapat ditunjukkan pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3.** Defleksi pegas;  $h_f$ ,  $\delta_w$ ,  $\delta_s$ , dan  $h_s$  pada pegas tekan (Deutschman, 1975)

Seperti yang terlihat pada gambar 2.3, defleksi pegas tekan maksimal ditunjukkan oleh persamaan 2.6. yaitu,

$$\delta_s = h_f - h_s \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana:

$h_f$  = tinggi pegas sebelum menerima beban

$\delta_w$  = defleksi saat menerima beban

$\delta_s$  = defleksi saat menerima beban maksimal

$h_s$  = tinggi pegas tekan saat defleksi maksimal

*Clash allowance* ( $r_c$ ) merupakan perbandingan antara selisih  $\delta_s$  dan  $\delta_w$  dengan  $\delta_w$  seperti pada persamaan 2.7. yaitu,

$$r_c = \frac{\delta_s - \delta_w}{\delta_w} \dots\dots\dots(2.7)$$

Menurut Deutschman, *clash allowance* ( $r_c$ ) yang paling banyak diaplikasikan adalah sebesar 0,2.

## 2.5. Stress Strain Diagram

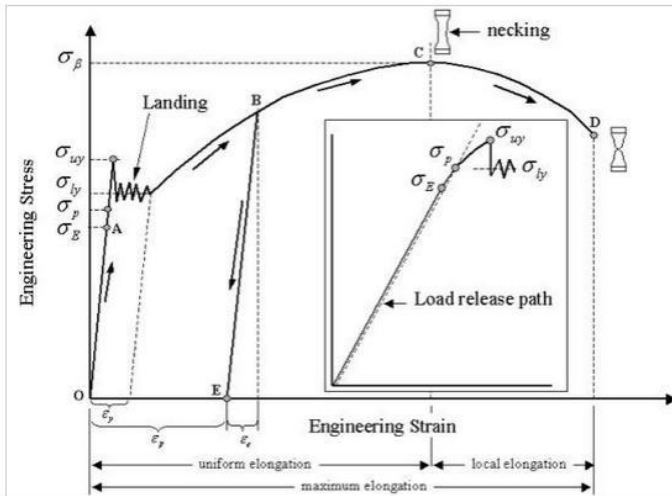
Dari hasil pengujian tarik terhadap spesimen bahan, maka akan didapatkan informasi tentang *mechanical properties* material. Kurva *stress strain* merupakan hubungan antara beban atau gaya yang diberikan terhadap perubahan panjang bahan dimana besarnya :

$$\text{Stress: } \sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Strain: } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana hubungan dari *stress* dan *strain* dapat dirumuskan dengan Hukum *Hooke* :

$$\text{Modulus elastisitas (E)} = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(2.10)$$



**Gambar 2.4. Stress strain diagram**

(sumber : <http://www.infometrik.com/2009/09/mengenal-uji-tarik-dan-sifat-sifat-mekanik-logam/>)

Dari grafik pada gambar 2.4 tersebut dapat diketahui sifat mekanik bahan antara lain :

- Batas elastis  $\sigma_E$  (*elastic limit*) dinyatakan dengan titik A. Jika suatu bahan diberi beban hingga mencapai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke kondisi semula. Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum *Hooke* tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari bahan.

- Batas proporsional  $\sigma_p$  (*proportional limit*). Dalam praktek, biasanya batas proporsional sama dengan batas elastis dimana bahan mulai mengalami deformasi plastis. Deformasi plastis merupakan perubahan bentuk yang tidak kembali ke keadaan semula, pada grafik ditunjukkan pada daerah *landing*.
- Tegangan luluh atas  $\sigma_{uy}$  (*upper yield stress*) merupakan tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah landing peralihan deformasi elastis ke plastis.
- Tegangan luluh bawah  $\sigma_{ly}$  (*lower yield stress*) merupakan tegangan rata-rata daerah *landing* sebelum benar-benar memasuki fase deformasi plastis.
- Tegangan tarik maksimum (*UTS, ultimate tensile strength*) ditunjukkan dengan titik C ( $\sigma_b$ ), merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.

## 2.6. Teori Kegagalan

Suatu elemen mesin dinyatakan gagal apabila setelah dikenai beban tidak dapat berfungsi dengan baik seperti yang diharapkan. Maka dari itu perlu dijelaskan ciri-ciri yang membuat elemen tersebut dikatakan gagal. 2 tipe kegagalan pada suatu elemen mesin yang menerima pembebanan statik yaitu:

### a. Deformaasi Plastis

Komponen dinyatakan mengalami kegagalan deformasi plastis apabila beban yang diterima melebihi batas harga tertentu. Harga batas ini adalah nilai *yield point* pada material komponen tersebut. Jika harga *yield point* tidak diketahui, maka digunakan 0,2 % offset *yield point*.

### b. Patah (*Fracture*)

Patah (*Fracture*) adalah apabila komponen sudah patah atau terbelah menjadi beberapa bagian. Hal ini terjadi karena pembebanan pada komponen tersebut melebihi nilai UTS (*Ultimate Tensile Strength*) dari material komponen tersebut.

### **2.5.1. Teori Analisa Kegagalan Statis**

Teori Analisa kegagalan statis menjelaskan tentang kegagalan pada spesimen tes standar. Jika terjadi luluh maka kemungkinan beban yang diterima melebihi kemampuan material. Kemampuan material tersebut meliputi kemampuan menahan tegangan normal, tegangan geser, regangan normal, regangan geser, penyerapan regangan, dan penyerapan distorsi energi. Hasil yang diperoleh dari tes standar tersebut digunakan sebagai rujukan dalam pembebanan pada pengaplikasiannya. Jadi, material akan luluh jika melebihi nilai-nilai dari kemampuan material yang tersebut diatas.

### **2.5.2 Teori Analisa Kegagalan Dinamis**

Teori analisa kegagalan dinamis adalah teori kegagalan material yang mengalami beban berulang (siklik). Beban Siklik dapat mengakibatkan material luluh pada kurun waktu tertentu. Beban siklik dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu:

a. Amplitudo Konstan

Beban siklik pada jenis ini berfluktuasi membentuk fungsi sinusoida dengan nilai maksimum dan nilai minimum tertentu secara konstan dan teratur.

b. Amplitudo Variabel

Beban siklik ini memiliki nilai maksimum dan minimum yang berubah terhadap waktu.

c. Amplitudo Acak

Beban siklik ini memiliki nilai maksimum dan minimum yang berubah secara acak dan sulit diprediksi. Hal ini menimbulkan efek yang kurang baik pada material.

### **2.5.3. Teori Kegagalan Normal Maksimum**

Teori ini biasa juga disebut teori Rankine karena dicetuskan oleh W.J.M. Rankine (1857). Pada teori ini, material yang luluh dianggap gagal. Material memiliki tegangan *yield* tarik ( $S_{yt}$ ) dan tegangan *yield* tekan ( $S_{yc}$ ) serta faktor keamanan (N). Material akan gagal jika:



$$\sigma_t \text{ maksimum} \leq \frac{S_{yt}}{N} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$\sigma_t \text{ maksimum} \leq \frac{S_{yc}}{N} \dots \dots \dots (2.12)$$

Jika material patah dianggap gagal maka persamaan yang digunakan menggunakan tegangan *ultimate* tarik ( $S_{ut}$ ) dan tegangan *ultimate* tekan ( $S_{uc}$ ) yaitu:

$$\sigma_t \text{ maksimum} \leq \frac{S_{ut}}{N} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$\sigma_t \text{ maksimum} \leq \frac{S_{uc}}{N} \dots \dots \dots (2.14)$$

#### 2.5.4. Teori Kegagalan Tegangan Geser Maksimum

Teori ini pertama kali digagas oleh C.A. Coulomb (1773), dan disempurnakan oleh Tresca (1864). Teori ini disebut juga teori kegagalan Tresca. Teori ini mendeskripsikan kegagalan yang terjadi karena tegangan geser maksimum yang terjadi melebihi tegangan geser ijin dari material. Teori ini cocok digunakan untuk material ulet.

$$\tau \text{ maksimum} \leq \frac{S_{ys}}{N} \dots \dots \dots (2.15)$$

$$\tau \text{ maksimum} \leq \frac{S_{us}}{N} \dots \dots \dots (2.16)$$

#### 2.5.5 Teori Kegagalan Distorsi Energi Maksimum

Teori ini biasa disebut dengan teori kegagalan Von Mises. Teori ini dianalisa kembali melalui energi regangan hidrostatik dan energi regangan distorsi. Material akan gagal jika energi regangan distorsi melebihi batas limitnya. Sehingga:

$$S_y \leq \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{\frac{1}{2}} \dots \dots (2.17)$$

#### 2.6. Safety Factor / Faktor Keamanan

Faktor keamanan merupakan suatu angka yang mempengaruhi keamanan suatu komponen. Semakin besar angka ini, maka semakin aman komponen tersebut. Semakin rendah angka ini, semakin rawan resiko yang tidak diinginkan (mulur atau patah). Akan tetapi, angka keamanan yang tinggi berdampak pada dimensi komponen yang besar dan harga material yang

semakin tinggi. Penentuan angka faktor keamanan dipengaruhi beberapa hal seperti material, proses pembuatan, tipe pembebanan, kondisi kerja, dan bentuk komponen.

Faktor keamanan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$SF = \frac{\text{Tegangan } ultimate}{\text{Tegangan kerja}} \dots \dots \dots (2.18)$$

Untuk material ulet yang diketahui tegangan luluhnya, maka faktor keamanannya adalah:

$$SF = \frac{\text{Tegangan luluh}}{\text{Tegangan kerja}} \dots \dots \dots (2.19)$$

Faktor keamanan yang disarankan dijabarkan pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** *Safety Factor* / Faktor keamanan (Deutschman, 1975)

No	Faktor Keamanan	Keterangan
1	N = 1,25 – 1,5	Data material sangat akurat, jenis pembebanan pasti, dan perhitungan tegangan akurat
2	N = 1,5 – 2	Data material cukup baik, kondisi lingkungan stabil, dan beban serta tegangan yang terjadi dihitung dengan baik
3	N = 2.0 – 2.5	Material pada umumnya, dioperasikan pada lingkungan normal, tegangan dan beban dapat dihitung dengan material
4	N = 2,5 – 3	Data material kurang baik, atau material getas dengan pembebanan dan lingkungan rata-rata
5	N = 3 – 4	Material belum teruji, dengan pembebanan, dan lingkungan rata-rata.
6	Beban bolak-balik (berulang-ulang) : angka-angka diatas dapat digunakan tetapi dengan <i>endurance limit</i> sebagai <i>significant strenght</i>	
7	Beben impak : angka-angka diatas dapat digunakan tetapi harus memperhatikan faktor impak	
8	Material getas : angka-angka diatas dapat digunakan dan dikalikan dua untuk material	

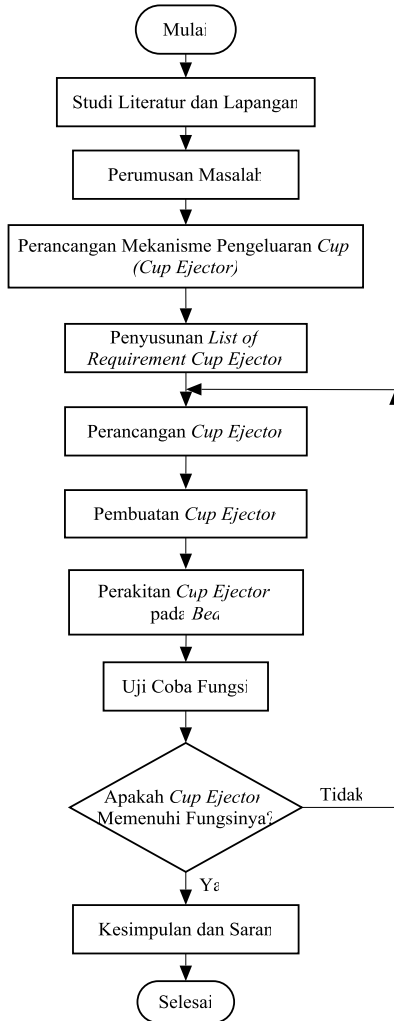
Pada beban bolak-balik, hubungan endurance limit ( $S_e$ ) dengan UTS (*Ultimate Tensile Strength*) dirumuskan:

$$S_e = 0,5 * UTS \dots\dots\dots(2.20)$$

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.1.** Diagram alir penelitian

### 3.2. Langkah-Langkah Penelitian

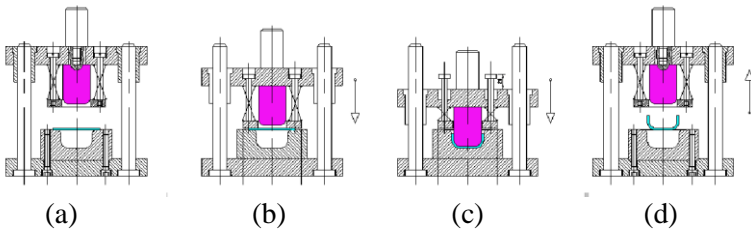
Proses perancangan *cup ejector* untuk selongsong peluru kaliber 20 mm dapat dibagi dalam beberapa tahap sebagai berikut :

#### 3.2.1. Studi Literatur dan Lapangan

Studi literatur yang perlu dilakukan sebelum melakukan *cup ejector* antara lain:

- Gaya yang bekerja pada *cup ejector* saat proses *deep drawing*.
- Konstruksi *cup ejector*.
- Dimensi dan geometri dari *bed*, *die*, *die fixture*, *frame*, dan tiang pengarah dari rancangan yang sudah ada.

Sedangkan studi lapangan adalah kajian tentang proses *deep drawing cup*. Proses *deep drawing* yang dirancang memiliki tahapan seperti gambar 3.2.



**Gambar 3.2.** Ilustrasi urutan proses *deep drawing*

- Sheet metal* diletakkan diatas *die*
- Punch* dan *blank holder* turun dengan bantuan gaya hidrolik dan *blank holder* menjepit *metal sheet*.
- Punch* menekan *metal sheet* hingga terdeformasi sesuai bentuk cetakan.
- Benda kerja (*cup* silindris) hasil proses *deep drawing* dikeluarkan

Dari urutan proses *deep drawing* tersebut, *cup ejector* harus dirancang agar proses (d) bisa dilakukan.

### **3.2.2. Perumusan Masalah**

Dari uraian pada latar belakang dan rencana proses *deep drawing cup* silindris maka disusun masalah yang akan dibahas.

### **3.2.3. Perancangan Mekanisme Pengeluaran Cup (Cup Ejector)**

*Cup Ejector* digunakan untuk mengeluarkan *cup* hasil proses *deep drawing* dari dalam *die*. Untuk memenuhi fungsi mesin, maka pada tugas akhir ini akan dirancang dan dibuat *ejector* untuk mengeluarkan *cup* yang dimensinya seperti pada gambar 1.2. Mekanisme pengeluaran *cup* (*cup ejector*) sangat tergantung dari beberapa komponen penting yaitu *bed*, *die*, dan *die fixture*

### **3.2.4. Penyusunan List of Requirement dari Cup Ejector**

Sebelum melakukan perancangan *cup ejector*, perlu dilakukan penyusunan daftar kebutuhan dari *cup ejector* terlebih dahulu.

### **3.2.5. Perancangan dan Pembuatan Cup Ejector**

Pada tahap ini dilakukan perancangan, proses desain dan proses manufaktur komponen-komponen dari *cup ejector*.

### **3.2.6. Perakitan Cup Ejector pada Die Fixture dengan Bed .**

Pada tahap ini akan dilakukan perakitan *cup ejector*, *die fixture* yang telah dimodifikasi, dengan *bed* pada mesin *Press Hidrolik*.

### **3.2.7. Uji Coba Fungsi**

Pengujian pengeluaran benda kerja dengan menggunakan *cup ejector* dilakukan. Uji coba tersebut hanya berdasarkan fungsinya dalam pengeluaran *cup*. Dilakukan beberapa pengujian pada *cup ejector*, yaitu:

a. Pengujian kedalaman tekan maksimum pada *cup ejector*

Pada pengujian ini, *ejector* yang telah terpasang pada mesin ditekan dengan jarak maksimal dari kemampuan *ejector* tersebut. Proses penekanan dilakukan 10 kali dan dihitung nilai rata-rata dari jarak penekanan maksimum tersebut. Kriteria keberhasilan dari pengujian ini adalah *cup ejector* mampu terangkat setelah menerima pembebanan dari *punch* sedalam 42 mm.

b. Pengujian pengeluaran *cup* dari dalam *die*.

Pada pengujian ini, dilakukan penekanan *cup* hasil *deep drawing* selongsong peluru kaliber 20 mm ke dalam *die* sesuai dengan jarak kerjanya kemudian diangkat kembali. Pengujian hanya dilakukan pada pengujian fungsi dan dilakukan masing-masing sebanyak 5 kali pada 4 *cup* yang berbeda. Fungsi tersebut ditujukan untuk mengevaluasi apakah *ejector* mampu mengeluarkan *cup* dari dalam *die* setelah proses *deep drawing* selesai. Kriteria keberhasilan dari pengujian ini adalah *ejector* mampu mengangkat *cup* dari dalam lubang *die*.

### **3.2.8. Evaluasi hasil uji coba**

Hasil dari pengujian pengeluaran benda kerja dievaluasi, jika ada kekurangan atau kelemahan maka akan disarankan perbaikan atau penggantian desain.

### **3.2.9. Kesimpulan dan Saran**

Hasil dari perancangan *cup ejector*, hasil manufaktur, perakitan dan uji coba fungsi akan dirangkum pada tahap ini sehingga didapatkan kesimpulan dan saran yang akan digunakan untuk proses pengembangan selanjutnya.



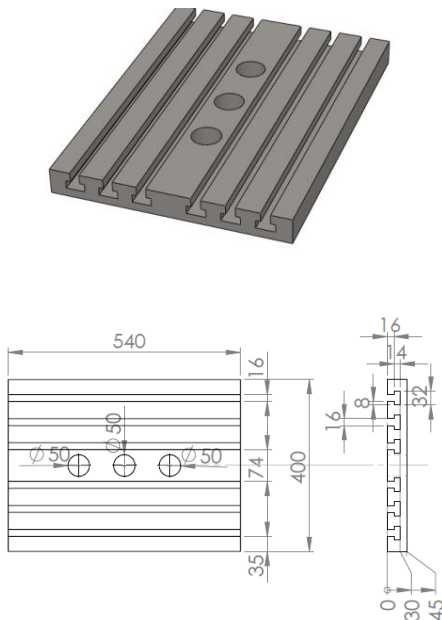
## BAB IV PERANCANGAN CUP EJECTOR

### 4.1. Komponen-Komponen Penting dalam Perancangan *Cup Ejector*.

Dalam proses perancangan *cup ejector* perlu memperhatikan komponen-komponen yang akan mempengaruhi dimensi dan geometri dari *cup ejector*. Komponen-komponen tersebut adalah *bed*, *die*, *die fixture*, dan *frame* mesin press.

#### 1. *Bed*

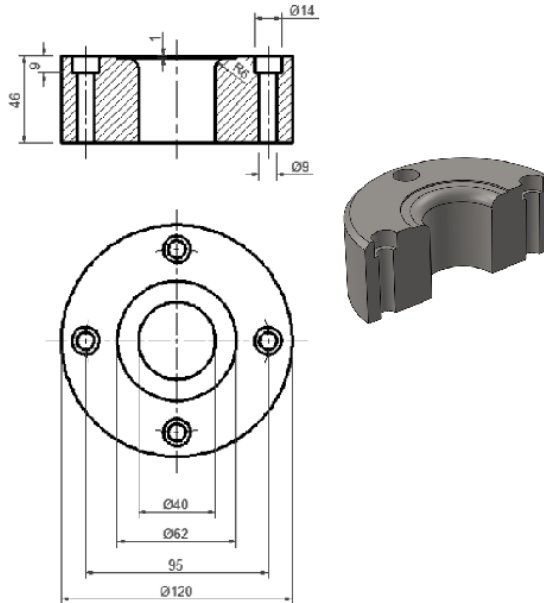
*Bed* merupakan bagian alat pemesinan yang berfungsi sebagai meja untuk meletakkan *fixture*. *Bed* yang sudah dirancang pada penelitian *press tool* ini ditunjukkan pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1.** *Bed* mesin *press tool* (Idiar, 2016)

## 2. Die

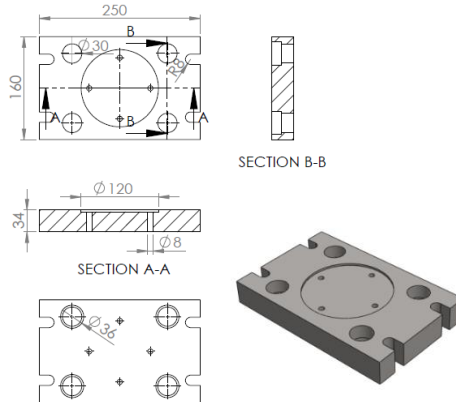
*Die* merupakan bagian alat pemesinan pada mesin *press tool* yang berfungsi sebagai cetakan pembentukan benda kerja. *Die* yang sudah dirancang seperti pada gambar 4.2.



**Gambar 4.2.** Gambar *die* yang telah dirancang (Idiar, 2016)

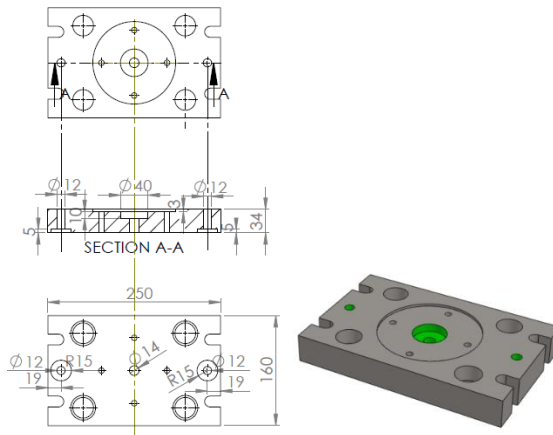
### 1. Die Fixture

*Die fixture* digunakan untuk memegang dan mencekam *die* baik pada proses *deep drawing* maupun proses lainnya. Selain sebagai pemegang *die*, *die fixture* pada tugas akhir ini juga berfungsi sebagai pemegang *cup ejector*. *Die fixture* yang telah dirancang ditunjukkan pada gambar 4.3.



**Gambar 4.3.** *Die fixture* yang telah dirancang (Idiar, 2016)

*Die Fixture* yang telah dirancang (Idiar, 2016) merupakan *Die fixture* untuk proses *deep drawing* pembentukan selongsong peluru kaliber 20 mm. Pada *die fixture* tersebut telah dirancang tempat untuk peletakan *die*. Namun, tempat peletakan *cup ejector* belum dirancang sehingga perlu dirancang tempat *cup ejector* pada *die fixture* tersebut. Rancangan modifikasi *die fixture* dapat dilihat pada gambar 4.4



**Gambar 4.4.** Rancangan modifikasi *die fixture*

## 4.2. Rancangan Pengeluaran *Cup Ejector*

### 4.2.1. Daftar Kebutuhan (*List of Requirement*) dari *Cup Ejector*

Daftar kebutuhan dari *Cup Ejector* dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Daftar Kebutuhan *Cup Ejector*

TEKNIK MESIN ITS		DAFTAR KEBUTUHAN PRODUK <i>CUP EJECTOR</i>	Halaman 1 dari 1
Perubahan	S/H	Uraian Kebutuhan	Penanggungjawab
	S S	1. Fungsi -Dapat menempuh jarak 42 mm saat ditekan. - <i>Ejector</i> mampu mengeluarkan <i>cup</i> dari dalam lubang <i>die</i> .	Tim Desain
	S	2. Dimensi Dimensi tidak melebihi ruang yang tersedia pada mesin.	Tim Desain
	S	3. Kuat <i>Ejector</i> aman dan kuat saat digunakan	Tim Desain
	S S	4. Manufaktur dan Perakitan - <i>Ejector</i> dapat dibuat (dimanufaktur) -Komponen <i>ejector</i> dapat dirakit	Tim desain dan manufaktur
	H H	5. Perawatan - <i>Ejector</i> mudah dibersihkan - <i>Ejector</i> dapat dilepas dan diganti komponennya	Tim Desain

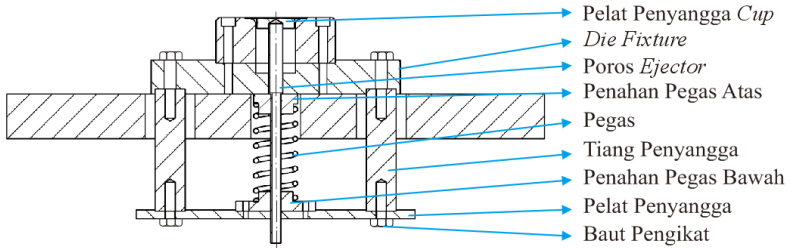
Keterangan:

S : Syarat

H : Harapan

#### 4.2.2. Perancangan Mekanisme *Cup Ejector*

Dari *list of requirement* pada tabel 4.1, dirancang mekanisme *cup ejector* yang terlihat pada gambar 4.5.

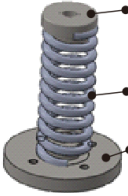
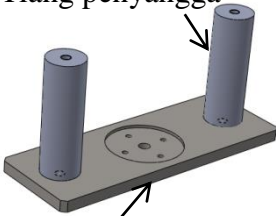



**Gambar 4.5.** Rancangan mekanisme *cup ejector*

*Cup Ejector* memiliki detail bagian-bagian seperti pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2.** Rancangan Bagian-bagian *Cup Ejector*

No	Nama dan Keterangan	Gambar Rancangan
1	Penyangga <i>cup</i> - Sebagai komponen yang bersentuhan langsung dengan <i>cup</i> - Memiliki dimensi $D=38$ mm dan $T=10$ mm - Memiliki lubang sedalam 5mm	<p>The 3D view shows a cylindrical part. The 2D cross-section shows a diameter of <math>\phi 38</math>, a total thickness of 10, and a central hole with a diameter of <math>\phi 14</math> and a depth of 5.</p>
2	Poros <i>Ejector</i> - Sebagai sumbu pergerakan <i>Ejector</i> - Memiliki dimensi $D_1=14$ mm, $D_2=10$ mm, dan $L=221$ mm	<p>The 2D cross-section shows a pin with a diameter of <math>\phi 14</math> and a diameter of <math>\phi 10</math> at one end. The 3D view shows a long pin with a total length of 221 and a section of length 71.</p>

3	<p>Sistem Pegas Pengangkat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sebagai komponen utama pengangkat cup</li> <li>- Terdiri dari Penahan pegas atas, penahan pegas bawah, dan pegas dengan <math>T=100\text{mm}</math></li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penahan Pegas Atas</li> <li>• Pegas</li> <li>• Penahan Pegas Bawah</li> </ul>
4	<p>Rangka Penyangga</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Terdiri dari Plat penyangga dengan ukuran 280 mm x 100 mm X 12 mm</li> <li>- 2 tiang penyangga dengan <math>D=30\text{ mm}</math> dan <math>L=123\text{ mm}</math></li> </ul>	 <p>Tiang penyangga</p> <p>Pelat penyangga</p>
5	<p>Pengikat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baut 4 x M12</li> <li>- Baut 4 x M6</li> <li>- Ring</li> </ul>	 <p>M6</p> <p>M12</p> <p>Ring</p>

Komponen-komponen tersebut dibedakan menjadi dua, yaitu komponen standar dan komponen yang tidak standar. Komponen standar tidak akan dibuat, tetapi dibeli. Sedangkan komponen tidak standar dilakukan proses manufaktur sendiri. Komponen-komponen tersebut seperti pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3.** Komponen-komponen *Cup Ejector*

No.	Nama Komponen	Jumlah	Keterangan
1.	Plat Penyangga <i>cup</i>	1 buah	Dibuat
2.	Poros Ejector	1 buah	Dibuat
3.	Penahan Pegas Atas	1 buah	Dibuat
4.	Penahan Pegas Bawah	1 buah	Dibuat
5.	Plat Penyangga	1 buah	Dibuat
6.	Tiang Penyangga	2 buah	Dibuat
7.	Pegas	1 buah	Standar, dibeli
8.	Baut M12	4 buah	Standar, dibeli
9.	Baut M6	4 buah	Standar, dibeli
10.	Ring Pengikat	1 buah	Standar, dibeli

**4.2.3. Perhitungan Kekuatan Komponen *Cup Ejector***

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan komponen dari desain *cup ejector*. Tahapan perhitungan yang dilakukan adalah:

- Perhitungan gaya yang bekerja pada masing-masing komponen.
- Simulasi tegangan pada komponen dengan menggunakan software CAD.
- Perhitungan keamanan komponen.

Komponen tidak standar direncanakan dibuat dengan material besi. Massa komponen tersebut seperti terdapat pada tabel 4.4.

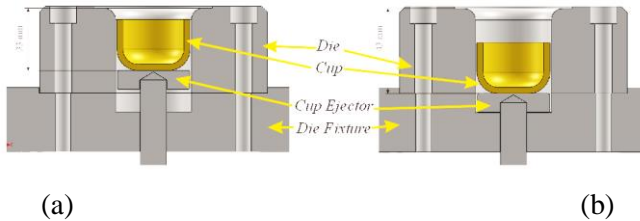
**Tabel 4.4.** Massa Masing-masing komponen

No.	Nama Komponen	Massa	F
1	Pelat Penyangga <i>cup</i>	0,083 kg	0,82 N
2	Poros Ejector	0,180 kg	1,76 N
3	Penahan Pegas Atas	0,20 kg	1,98 N
4	Penahan Pegas Bawah	0,420 kg	4,12 N
5	Pelat Penyangga	2,51 kg	24,6 N
6	Tiang Penyangga	2 x 0,675 kg	2 x 6,61 N

Komponen-komponen *cup ejector* yang telah didesain dihitung kekuatannya berdasarkan gaya-gaya yang bekerja pada komponen tersebut sehingga didapatkan komponen yang aman dalam proses pengoperasiannya.

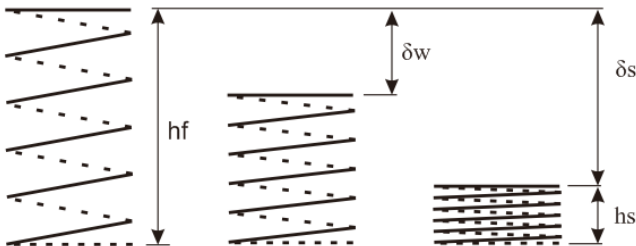
#### a. Pegas

Pada proses *deep drawing* selongsong peluru kaliber 20 mm diperlukan jarak tekan *punch* ke dalam *die* sebesar 33 mm. Sehingga dirancang jarak langkah *ejector* > jarak langkah *punch*. Jarak maksimum diambil 43 mm untuk menyesuaikan pegas *blank holder* yang hanya mampu memendek sampai 46 mm sehingga membuat pegas *blank holder* aman. Ilustrasi jarak tekan tersebut ditunjukkan pada gambar 4.6.



**Gambar 4.6.** (a) Posisi *cup* saat proses *deep drawing* berlangsung. (b) Jarak tekan maksimum ke dalam lubang *die* (43 mm)

Untuk memenuhi jarak penekanan yang diinginkan (43 mm) maka pegas yang digunakan memiliki dimensi:

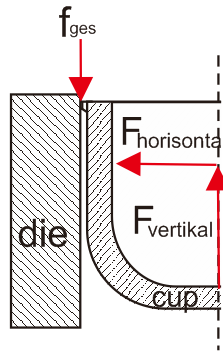


**Gambar 4.7.** Berbagai simbol defleksi pada pegas (Deutschman, 1975)



$h_f = 100 \text{ mm}$   
 $\delta w = 33 \text{ mm}$   
 $\delta w_{\text{maks}} = 43 \text{ mm}$  (jarak langkah maksimum *punch* agar proses *deep drawing* aman)

Kekuatan Pegas didesain agar pegas terdefleksi 2 mm saat terkena beban gabungan dari *cup*, pelat penyangga *cup*, poros dan penahan pegas atas. Karena massa cup adalah 0,09 kg, beban gabungan berdasar tabel 4.5 tersebut sebesar:  $(0,09 + 0,083 + 0,180 + 0,120) \text{ kg} = 0,473 \text{ kg}$ . Sedangkan pengaruh gaya gesek cup terhadap *die* dapat dilihat berdasarkan perhitungan dengan *free body diagram* pada gambar 4.8.



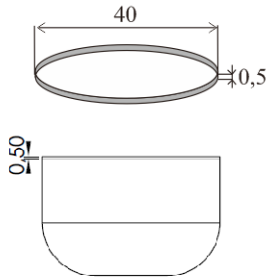
**Gambar 4.8.** *Free body diagram* gesekan antara *die* dan *cup*

$$F_f = \mu N \text{ (persamaan 2.2)}$$

$$F_f = \mu F_{\text{horizontal}}$$

- Perhitungan  $F_{\text{horizontal}}$ .

$\sigma_{\text{elastic}} = \frac{F_{\text{horizontal}}}{A}$  (Persamaan 2.8).  $A$  dihitung dari luas penampang *cup* yang ditunjukkan pada gambar 4.9.



**Gambar 4.9.** Penampang luasan yang menerima  $F_{\text{horizontal}}$

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \cdot D \cdot t \\
 A &= 3,14 \cdot 40 \text{ mm} \cdot 0,5 \text{ mm} \\
 A &= 62,8 \text{ mm}^2 \\
 A &= 62,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$\sigma_{\text{elastis}}$  material *cup* ( $\text{CuZn}_{30}$ ).

Pada kurva *stress-strain* material kuningan 70-30 pada lampiran didapatkan tegangan elastis maksimal adalah 11000 Psi atau setara dengan 75,8 MPa.

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{elastis}} &= \frac{F_{\text{horizontal}}}{A} \\
 F_{\text{horizontal}} &= \sigma_{\text{elastis}} \cdot A \\
 &= 75,8 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 62,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \\
 F_{\text{horizontal}} &= 4760 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel pada lampiran,  $\mu$  antara *brass* dan *steel* sebesar 0,35.

$$\begin{aligned}
 F_f &= \mu \cdot F_{\text{horizontal}} \\
 F_f &= 0,35 \cdot 4760 \text{ N} \\
 F_f &= 1666 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$m_f = \frac{1666 \text{ N}}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 170 \text{ kg}$$

Karena pengaruh gaya gesek cup terhadap die adalah 170 kg, maka beban total gaya yang harus diangkat oleh pegas *ejector* adalah 170,47 kg dari massa material dan komponen. Perhitungan koefisien pegas k dilakukan dengan defleksi 33 mm adalah:

$$F = k \cdot \delta \text{ (persamaan 2.3)}$$

$$m \cdot g = k \cdot \delta$$

$$k = \frac{m \cdot g}{\delta} = \frac{170,47 \cdot 9,8 \frac{m}{s^2}}{33 \text{ mm}} = 50,6 \text{ N/mm}$$

Gaya pegas saat menerima beban pada  $\delta_w$  maks = 43 mm adalah:

$$F = k \cdot \delta_s$$

$$F = 50,6 \frac{N}{mm} \cdot 43 \text{ mm} = 2176 \text{ N}$$

Sementara itu, pegas yang ada memiliki spesifikasi sebagai berikut:

hf (panjang pegas)	= 90 mm
diameter kawat (d)	= 5 mm
k	= 51,5 N/mm
N (Jumlah lilitan)	= 8

*Clash allowance* ( $r_c$ )

$$r_c = \frac{\delta_s - \delta_w}{\delta_w} \text{ (persamaan 2.7)}$$

$$r_c = \frac{50 - 42}{42} = 0,19$$

Menurut Deutschman, *clash allowance* ( $r_c$ ) yang paling banyak diaplikasikan adalah sebesar 0,2. Karena  $0,19 \approx 0,2$  maka pegas dianggap baik.

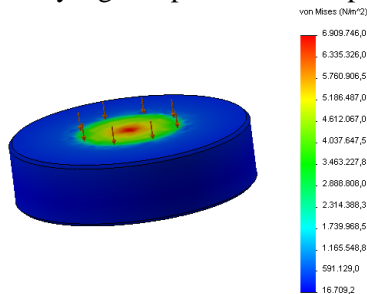
Gaya pegas saat menerima beban pada  $\delta_w$  maks = 43 mm adalah:

$$F = k \cdot \delta s \text{ (persamaan 2.3)}$$

$$F = 51,5 \frac{N}{mm} \cdot 43 \text{ mm} = 2214,5 \text{ N}$$

### b. Pelat Penyangga *Cup*

Perhitungan kekuatan pelat penyangga *cup* dilakukan dengan analisa tegangan yang terjadi menggunakan *software* CAD. Simulasi dilakukan dengan memberikan gaya tekan sebesar F pegas yaitu 2214,5 N. Untuk gaya lain seperti massa dari komponen diasumsikan nol karena relatif sangat kecil jika dibandingkan gaya pegas. Setelah dilakukan simulasi pada *software* CAD, hasil yang didapatkan terlihat pada gambar 4.10.



**Gambar 4.10.** Hasil simulasi tegangan komponen pelat penyangga *cup*

Dari gambar 4.10, didapatkan tegangan maksimum ( $\sigma_{\max}$ ) yang ditunjukkan dengan warna merah sebesar 6.909.746 N/m<sup>2</sup> atau 6,9 MPa.

$\sigma_{UTS}$  material besi : 150 MPa [3]

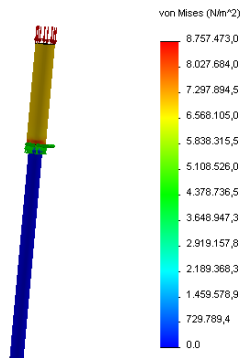
$Se = 0,5 * UTS$  (persamaan 2.17)

$$= 0,5 * 150 \text{ MPa} = 75 \text{ MPa}$$

Karena  $Se > \sigma_{\max}$ , maka komponen plat penyangga cup **aman** digunakan

### c. Poros Ejector

Perhitungan kekuatan poros *ejector* dilakukan dengan analisa tegangan yang terjadi menggunakan *software* CAD. Simulasi dilakukan dengan memberikan gaya tekan sebesar F pegas yaitu 2214,5 N. Untuk gaya lain seperti massa dari komponen diasumsikan nol karena relatif sangat kecil jika dibandingkan gaya pegas. Setelah dilakukan simulasi pada *software* CAD, hasil yang didapatkan terlihat pada gambar 4.11.

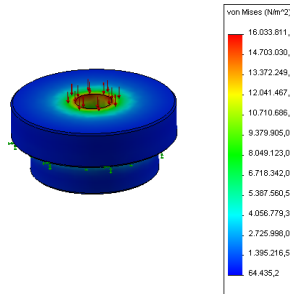


**Gambar 4.11.** Hasil simulasi tegangan komponen poros *ejector*

Dari gambar 4.11, didapatkan tegangan maksimum ( $\sigma_{\max}$ ) yang ditunjukkan dengan warna merah sebesar 8.757.473 N/m<sup>2</sup> atau 8,8 MPa. Sedangkan  $S_e = 75$  MPa. Karena  $S_e > \sigma_{\max}$ , maka komponen poros *ejector* **aman** digunakan.

### d. Penahan pegas atas

Perhitungan kekuatan penahan pegas atas dilakukan dengan analisa tegangan yang terjadi menggunakan *software* CAD. Simulasi dilakukan dengan memberikan gaya tekan sebesar F pegas yaitu 2214,5 N. Untuk gaya lain seperti massa dari komponen diasumsikan nol karena relatif sangat kecil jika dibandingkan gaya pegas. Setelah dilakukan simulasi pada *software* CAD, hasil yang didapatkan terlihat pada gambar 4.12.

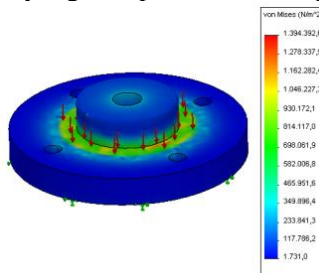


**Gambar 4.12.** Hasil simulasi tegangan komponen penahan pegas atas

Dari gambar 4.12, didapatkan tegangan maksimum ( $\sigma_{\max}$ ) yang ditunjukkan dengan warna merah sebesar 16.033.811 N/m<sup>2</sup> atau 16 MPa. Sedangkan  $S_e = 75$  MPa. Karena  $S_e > \sigma_{\max}$ , maka komponen penahan pegas atas **aman** digunakan.

#### e. Penempat pegas bawah

Perhitungan kekuatan penahan pegas bawah dilakukan dengan analisa tegangan yang terjadi menggunakan *software* CAD. Simulasi dilakukan dengan memberikan gaya tekan sebesar  $F$  pegas yaitu 2214,5 N. Untuk gaya lain seperti massa dari komponen diasumsikan nol karena relatif sangat kecil jika dibandingkan gaya pegas. Setelah dilakukan simulasi pada *software* CAD, hasil yang didapatkan terlihat pada gambar 4.13.

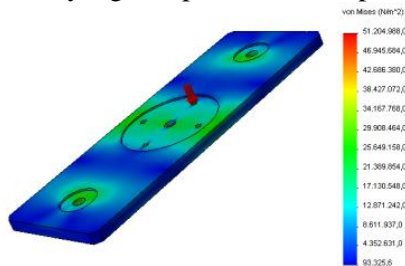


**Gambar 4.13.** Hasil simulasi tegangan komponen penahan pegas bawah

Dari gambar 4.13, didapatkan tegangan maksimum ( $\sigma_{\max}$ ) yang ditunjukkan dengan warna merah sebesar 1.394.392 N/m<sup>2</sup> atau 1,4 MPa. Sedangkan  $Se = 75$  MPa. Karena  $Se > \sigma_{\max}$ , maka komponen penahan pegas bawah **aman** digunakan.

#### f. Pelat Penyangga

Perhitungan kekuatan pelat penyangga dilakukan dengan analisa tegangan yang terjadi menggunakan *software* CAD. Simulasi dilakukan dengan memberikan gaya tekan sebesar F pegas yaitu 2214,5 N. Untuk gaya lain seperti massa dari komponen diasumsikan nol karena relatif sangat kecil jika dibandingkan gaya pegas. Setelah dilakukan simulasi pada *software* CAD, hasil yang didapatkan terlihat pada gambar 4.14.



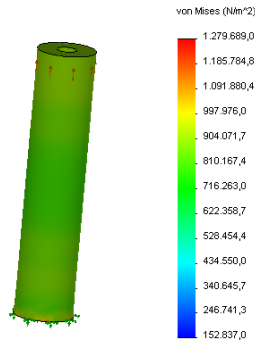
**Gambar 4.14.** Hasil simulasi tegangan komponen pelat penyangga

Dari gambar 4.14, didapatkan tegangan maksimum ( $\sigma_{\max}$ ) yang ditunjukkan dengan warna merah sebesar 51.204.988 N/m<sup>2</sup> atau 51,2 MPa. Sedangkan  $Se = 75$  MPa. Karena  $Se > \sigma_{\max}$ , maka komponen penahan pegas bawah **aman** digunakan.

#### g. Tiang Penyangga

Perhitungan kekuatan tiang penyangga dilakukan dengan analisa tegangan yang terjadi menggunakan *software* CAD. Simulasi dilakukan dengan memberikan gaya tekan sebesar F pegas yaitu 2214,5 N. Karena terdapat 2 tiang penyangga, maka masing-masing menerima gaya F sebesar 1107,25 N. Untuk gaya

lain seperti massa dari komponen diasumsikan nol karena relatif sangat kecil jika dibandingkan gaya pegas. Setelah dilakukan simulasi pada *software* CAD, hasil yang didapatkan terlihat pada gambar 4.15.



**Gambar 4.15.** Hasil simulasi tegangan komponen tiang penyangga

Dari gambar 4.15, didapatkan tegangan maksimum ( $\sigma_{\max}$ ) yang ditunjukkan dengan warna merah sebesar  $1.279.689 \text{ N/m}^2$  atau  $1,3 \text{ MPa}$ . Sedangkan  $Se = 75 \text{ MPa}$ . Karena  $Se > \sigma_{\max}$ , maka komponen tiang ejector **aman** digunakan.

#### **h. Baut Pengikat**

Baut pengikat yang digunakan memiliki bahan SCM435 dengan kekuatan tarik ( $\sigma_{t-ijin}$ ) =  $120 \text{ N/mm}^2$ . Dengan *safety factor* sebesar 2, Maka kekuatan tarik ijin sebesar

$$\begin{aligned}\sigma_t &= \frac{\sigma_{t-ijin}}{SF} \text{ (persamaan 2.15)} \\ &= \frac{120}{2} = 60 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Gaya yang terjadi pada *cup ejector* saat menerima pembebanan dengan jarak langkah maksimum sebesar  $2214,5 \text{ N}$ . Sehingga dengan baut M12 sebanyak 2 buah maka besar tegangan yang diterima masing-masing baut sebesar:



Diameter baut : 12 mm  
 Luas Penampang baut (A) :  $\pi r^2 = 3,14 * 6^2 = 113,4 \text{ mm}^2$   
 Jumlah baut ( $n_{\text{baut}}$ ) : 2

Besar tegangan yang terjadi pada tiap baut adalah:

$$\sigma = \frac{P}{n_{\text{bau}} * A} = \frac{2214,5 \text{ N}}{2 * 113,4 \text{ mm}} = 9,7 \text{ N/mm}^2$$

Nilai tegangan yang diterima masing-masing baut sebesar 9,7 N/mm<sup>2</sup> dan tidak melebihi tegangan yang diijinkan (60 N/mm<sup>2</sup>) sehingga baut M12 **aman** digunakan.

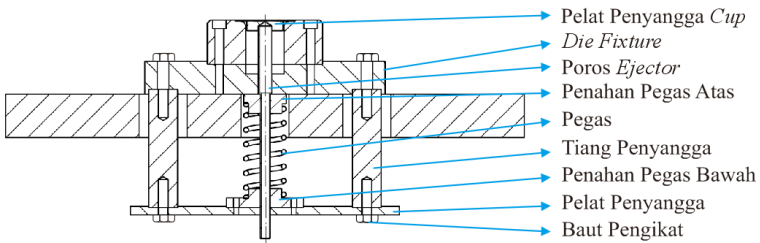
***Halaman ini sengaja dikosongkan***

## BAB V

### PEMBUATAN, PERAKITAN, DAN PENGUJIAN *CUP EJECTOR*

#### 5.1. Pembuatan Komponen

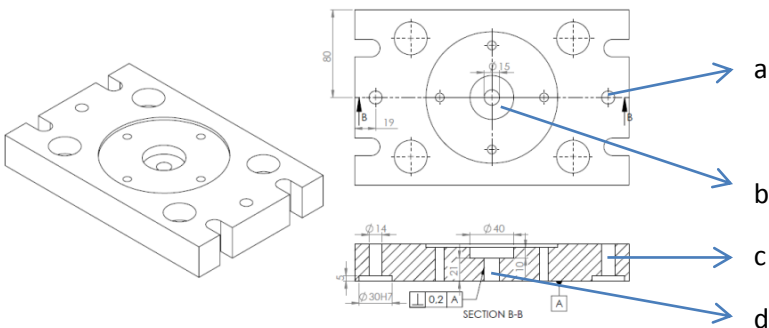
Proses manufaktur yang akan dibahas pada bab ini adalah proses pembuatan komponen-komponen diluar komponen standar. Rancangan gambar *assembly* dari komponen-komponen *cup ejector* yang akan dibuat terlihat pada gambar 5.1.



**Gambar 5.1.** Gambar *assembly cup ejector* (2D)

Berikut merupakan proses manufaktur yang dilakukan pada *die fixture* dan komponen *cup ejector*:

#### 1. Die Fixture



**Gambar 5.2.** Rancangan modifikasi *die fixture*

Proses pembuatan lubang pada *die fixture* dilakukan dengan menggunakan mesin CNC. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.2, terdapat 4 jenis pengerjaan lubang pada *die fixture* yaitu:

- a) Lubang Ø 12 mm x2 untuk tempat baut M12 yang mengikat tiang penyangga dengan *die fixture*.
- b) Lubang Ø 40 sedalam 10 mm untuk tempat pelat penyangga *cup*.
- c) Lubang Ø 30 sedalam 5 mm untuk tempat tiang penyangga.
- d) Lubang Ø 14 untuk tempat poros *ejector*.

Jenis proses permesinan pada *die fixture* ini adalah:

-*Drilling*

-*Milling*

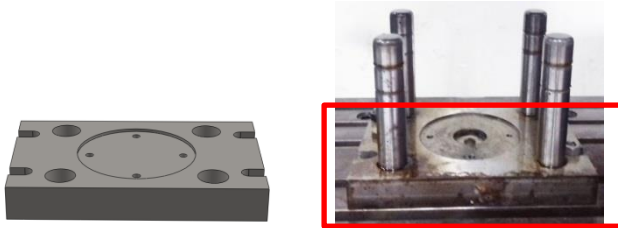
Material *die fixture* yaitu S45C. Proses yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 5.1.

**Tabel 5.1.** Proses modifikasi *die fixture*

No	Proses	Keterangan
1	Pembuatan bakal lubang ( <i>drilling</i> ) untuk membuat lubang Ø 14, Ø 14, dan Ø 14	Menggunakan pahat <i>drill</i> sebagai penanda lokasi lubang
2	Pembuatan lubang ( <i>borring</i> ) Ø 8,5 x 3.	Menggunakan pahat <i>bor</i> Ø 8,5.
3	Pembuatan lubang ( <i>borring</i> ) 2xØ14 sampai tembus sebagai tempat baut M12.	Menggunakan pahat <i>bor</i> Ø 14
4	Pembuatan lubang ( <i>borring</i> ) Ø 14 sampai tembus sebagai tempat poros <i>ejector</i> .	Menggunakan pahat <i>bor</i> Ø 14
5	Pembuatan lubang Ø 40 sebagai tempat penyangga <i>cup</i> sedalam 7 mm.	Menggunakan pahat <i>end mill</i> Ø 20.
6	Pembuatan lubang 2xØ 30 sedalam 5 mm sebagai	Menggunakan pahat <i>end mill</i> Ø 20.

	penempat tiang penyangga <i>ejector</i> .	
--	--	--

Hasil modifikasi dari komponen *die fixture* dapat dilihat pada gambar 5.3.

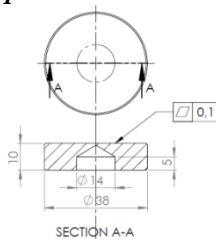


**Gambar 5.3.** *Die fixture* sebelum dan sesudah dimodifikasi

Setelah proses pembuatan selesai, selanjutnya dilakukan pengukuran dimensi. Hasil pengukuran dimensi yang didapatkan sama dengan dimensi rancangan. Tetapi pada kedalaman lubang penempat komponen penyangga cup hanya 7 mm dari yang direncanakan yaitu 10 mm. Karena perbedaan 3 mm ini tidak mempengaruhi fungsi, maka hasil modifikasi *die fixture* aman digunakan.

Toleransi yang perlu digunakan pada komponen ini adalah toleransi ketegaklurusan pada lubang tempat poros dengan nilai 0,2 (sesuai standar DIN ISO 2768 T2). Toleransi ini diberikan agar saat beroperasi poros dapat bergerak dengan aman sehingga *ejector* dapat berfungsi dengan baik. Suaian pada lubang 30H7 (suaian puntir) dikarenakan lubang tersebut merupakan dudukan untuk komponen tiang ejector yang memiliki suaian k6.

2. Pelat Penyangga Cup



Gambar 5.4. Rancangan pelat penyangga cup

Proses permesinan dilakukan dengan menggunakan mesin bubut. Jenis proses permesinan pada proses ini adalah:

- Turning
- Drilling
- Borring

Proses yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 5.2.

Tabel 5.2. Proses pembuatan pelat penyangga cup

No	Proses	Keterangan
1	Pembubutan sisi luar.	Menggunakan pahat bubut eksternal standar.
2	Pembuatan bakal lubang ( <i>drilling</i> ) untuk membuat lubang Ø 14.	Menggunakan pahat <i>drill</i> sebagai penanda lokasi lubang.
3	Pembuatan lubang Ø 14 dengan kedalaman 5 mm sebagai tempat poros <i>ejector</i> .	Menggunakan pahat <i>bor</i> Ø 14

Hasil manufaktur dari komponen pelat penyangga cup dapat dilihat pada gambar 5.5.

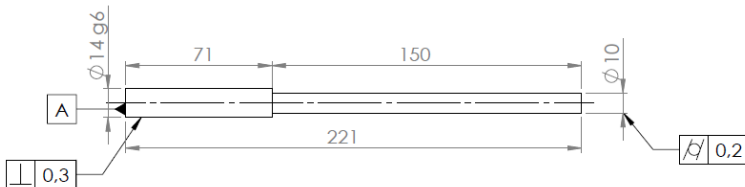


Gambar 5.5. Hasil manufaktur pelat penyangga cup

Setelah proses pembuatan selesai, selanjutnya dilakukan pengukuran dimensi. Hasil pengukuran dimensi yang didapatkan sama dengan dimensi rancangan. Tetapi pada ketebalan penyangga cup hanya 8,8 mm dari yang direncanakan yaitu 10 mm. Karena perbedaan 1,2 mm ini tidak mempengaruhi fungsi, maka hasil pembuatan pelat penyangga *cup* ini aman digunakan.

Toleransi yang perlu digunakan pada komponen ini adalah toleransi kedataran pada permukaan atas dari pelat penyangga *cup* dengan nilai 0,1 (sesuai standar DIN ISO 2768 T2). Toleransi ini diberikan agar komponen ini tidak mengganggu penempatan *blank* saat proses *deep drawing* berlangsung.

### 3. Poros Ejector



**Gambar 5.6.** Poros *ejector*

Proses permesinan dilakukan dengan menggunakan mesin bubut. Jenis proses permesinan pada proses ini adalah:

-*Turning*

Proses yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 5.3.

**Tabel 5.3.** Proses pembuatan poros *ejector*

No	Proses	Keterangan
1	Pembubutan sisi luar.	Menggunakan pahat bubut eksternal standar.
2	Pembuatan sisi luar membentuk $\varnothing 9,8$ sepanjang 150 mm.	Menggunakan pahat bubut eksternal standar.
3	Pembuatan sisi luar membentuk	Menggunakan pahat

	$\varnothing 13,8$ sepanjang 71 mm.	bubut eksternal standar.
--	-------------------------------------	--------------------------

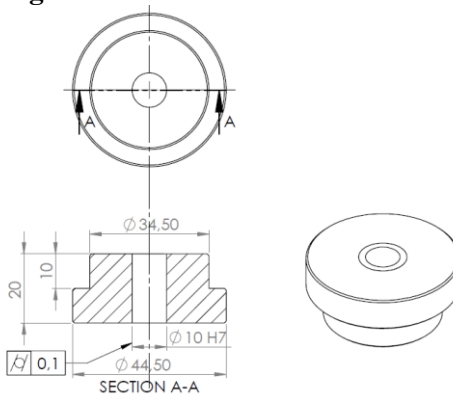
Hasil manufaktur dari komponen poros *ejector* dapat dilihat pada gambar 5.7.



**Gambar 5.7.** Hasil manufaktur poros *ejector*

Setelah proses pembuatan selesai, selanjutnya dilakukan pengukuran dimensi. Hasil pengukuran dimensi yang didapatkan sama dengan dimensi rancangan. Toleransi yang perlu digunakan pada komponen ini adalah toleransi kesilindrisan dengan nilai 0,2 dan ketegaklurusan pada poros dengan nilai 0,3 (sesuai standar DIN ISO 2768 T2). Selain itu, suaian poros ini adalah suaian longgar dengan nilai g6 yang akan dipasangkan pada lubang H7. Toleransi dan suaian ini diberikan agar saat beroperasi poros dapat bergerak dengan aman sehingga *ejector* dapat berfungsi dengan baik.

#### 4. Penahan Pegas Atas



**Gambar 5.8.** Penahan pegas atas

Proses permesinan dilakukan dengan menggunakan mesin bubut. Jenis proses permesinan pada proses ini adalah:



-Turning  
 -Drilling  
 -Borring

Proses yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 5.4.

**Tabel 5.4.** Proses pembuatan penahan pegas atas

No	Proses	Keterangan
1	Pembubutan sisi luar.	Menggunakan pahat bubut eksternal standar.
2	Pembubutan sisi luar membentuk Ø 34,5 sepanjang 10 mm.	Menggunakan pahat bubut eksternal standar.
3	Pembubutan sisi luar membentuk Ø 44,5 sepanjang 10 mm.	Menggunakan pahat bubut eksternal standar.
4	Pembuatan bakal lubang ( <i>drilling</i> ) untuk membuat lubang Ø 11.	Menggunakan pahat <i>drill</i> sebagai penanda lokasi lubang.
5	Pembuatan lubang Ø 11 dengan sampai tembus sebagai tempat poros <i>ejector</i> .	Menggunakan pahat <i>bor</i> Ø 11

Hasil manufaktur dari komponen penahan pegas atas dapat dilihat pada gambar 5.9.

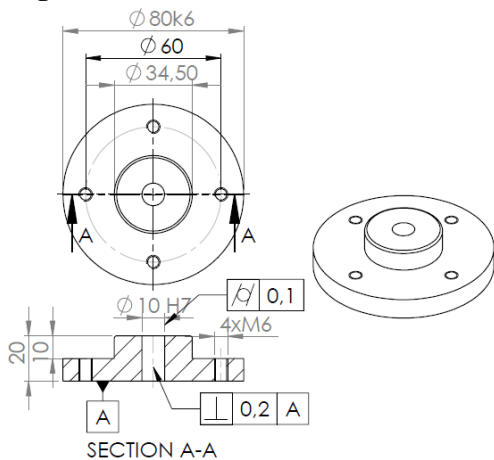


**Gambar 5.9.** Hasil manufaktur penahan pegas atas

Setelah proses pembuatan selesai, selanjutnya dilakukan pengukuran dimensi. Hasil pengukuran dimensi yang didapatkan sama dengan dimensi rancangan. Tetapi pada ketebalan penahan cup bagian atas, dimensi yang diukur yaitu 20 mm padahal yang

direncanakan yaitu 10 mm. Perbedaan 10 mm ini sengaja diberikan karena panjang pegas yang didapatkan berkurang 10 mm sehingga tidak mempengaruhi fungsi. Toleransi yang perlu digunakan pada komponen ini adalah toleransi kesilindrisan dengan nilai 0,1 dan suaian lubang H7 untuk tempat poros g6.

### 5. Penahan Pegas Bawah



**Gambar 5.10.** Penahan pegas bawah

Proses permesinan dilakukan dengan menggunakan mesin bubut dan mesin frais. Jenis proses permesinan pada proses ini adalah:

- Turning
- Drilling
- Borring
- Tapping Ulir

Proses yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 5.5.

**Tabel 5.5.** Proses pembuatan penahan pegas bawah

No	Proses	Keterangan
Mesin Bubut		
1	Pembubutan sisi luar.	Menggunakan

		pahat bubut eksternal standar.
2	Pembubutan sisi luar membentuk Ø 34,5 sepanjang 10 mm.	Menggunakan pahat bubut eksternal standar.
3	Pembubutan sisi luar membentuk Ø 80 sepanjang 10 mm.	Menggunakan pahat bubut eksternal standar.
4	Pembuatan bakal lubang ( <i>drilling</i> ) untuk membuat lubang Ø 11.	Menggunakan pahat <i>drill</i> sebagai penanda lokasi lubang.
5	Pembuatan lubang Ø 11 dengan sampai tembus sebagai tempat poros <i>ejector</i> .	Menggunakan pahat <i>bor</i> Ø 11
Mesin Frais		
6	Pembuatan bakal lubang ( <i>drilling</i> ) untuk membuat lubang Ø 5 x4.	Menggunakan pahat <i>drill</i> sebagai penanda lokasi lubang.
7	Pembuatan lubang Ø 5 x4 sampai tembus untuk ulir dalam.	Menggunakan pahat <i>bor</i> Ø 5
8	Pembuatan ulir dalam M6 x4.	Menggunakan <i>tap</i> M6 untuk ulir dalam

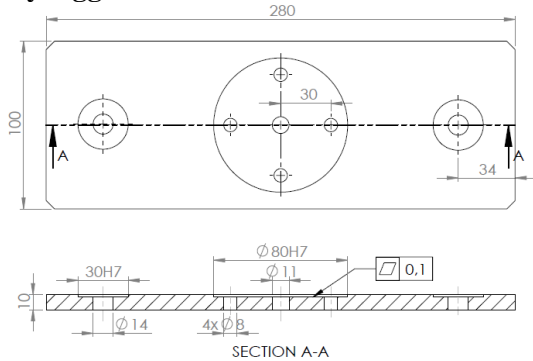
Hasil manufaktur dari komponen penahan pegas bawah dapat dilihat pada gambar 5.11.



**Gambar 5.11.** Hasil manufaktur penahan pegas bawah

Setelah proses pembuatan selesai, selanjutnya dilakukan pengukuran dimensi. Hasil pengukuran dimensi yang didapatkan sama dengan dimensi rancangan. Toleransi yang perlu digunakan pada komponen ini adalah toleransi kesilindrisan dengan nilai 0,1 dan ketegaklurusan pada lubang tempat poros dengan nilai 0,2 (sesuai standar DIN ISO 2768 T2). Toleransi ini diberikan agar saat beroperasi poros dapat bergerak dengan aman sehingga *ejector* dapat berfungsi dengan baik. Suaian pada diameter 80k6 (suaian puntir) untuk menempati kedudukan komponen ini dengan lubang 80H7 dan suaian lubang H7 untuk tempat poros g6.

### 6. Pelat Penyangga



**Gambar 5.12.** Pelat penyangga

Proses permesinan dilakukan dengan menggunakan mesin mesin frais. Jenis proses permesinan pada proses ini adalah:

- Milling
- Drilling
- Borring

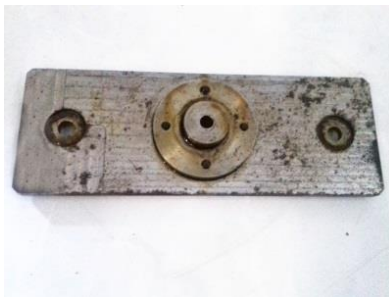
Proses yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 5.6.

**Tabel 5.6.** Proses pembuatan pelat penyangga

No	Proses	Keterangan
1	Milling sisi luar untuk meratakan pelat penyangga.	Menggunakan pahat <i>end mill</i> Ø 6.

2	Pembuatan bakal lubang ( <i>drilling</i> ) untuk membuat lubang Ø 14, Ø 11, dan Ø 14	Menggunakan pahat <i>drill</i> sebagai penanda lokasi lubang
3	Pembuatan lubang ( <i>borring</i> ) Ø 8,5 x 3.	Menggunakan pahat <i>bor</i> Ø 8,5.
4	Pembuatan lubang ( <i>borring</i> ) 2xØ 14 sampai tembus sebagai tempat baut M12.	Menggunakan pahat <i>bor</i> Ø 14
5	Pembuatan lubang ( <i>borring</i> ) Ø 11 sampai tembus sebagai tempat poros <i>ejector</i> .	Menggunakan pahat <i>bor</i> Ø 11
6.	Pembuatan lubang Ø 80 sedalam 1,5 mm sebagai tempat penahan pegas bawah.	Menggunakan pahat <i>end mill</i> Ø 6
7	Pembuatan lubang Ø 30 sedalam 1,5 mm sebagai tempat tiang penyangga.	Menggunakan pahat <i>end mill</i> Ø 6
8	Pembuatan bakal lubang ( <i>drilling</i> ) untuk membuat lubang 4 x Ø 6 sebagai tempat baut M6.	Menggunakan pahat <i>drill</i> sebagai penanda lokasi lubang
9	Pembuatan lubang ( <i>borring</i> ) 4 x Ø 6 sebagai tempat baut M6.	Menggunakan pahat <i>bor</i> Ø 6.

Hasil manufaktur dari komponen pelat penyangga dapat dilihat pada gambar 5.13.

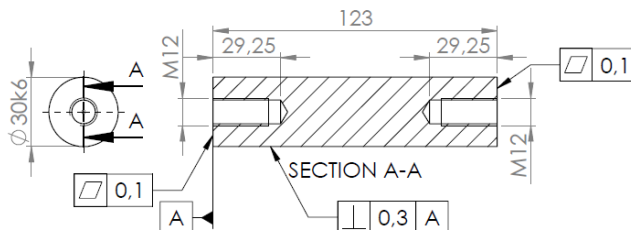


**Gambar 5.13.** Hasil manufaktur pelat penyangga

Setelah proses pembuatan selesai, selanjutnya dilakukan pengukuran dimensi. Hasil pengukuran dimensi yang didapatkan sama dengan dimensi rancangan. Tetapi pada kedalaman tempat tiang penyangga 8,3 mm dari yang direncanakan yaitu 10 mm. Karena perbedaan 1,7 mm ini tidak mempengaruhi fungsi, maka hasil pembuatan pelat penyangga ini aman digunakan.

Toleransi yang perlu digunakan pada komponen ini adalah toleransi kedataran pada tempat dudukan penahan pegas bawah dengan nilai 0,1 (sesuai standar DIN ISO 2768 T2). Toleransi ini diberikan agar penahan pegas bawah datar dan saat beroperasi poros dapat bergerak dengan aman sehingga *ejector* dapat berfungsi dengan baik. Suaian pada lubang 30H7 (suaian puntir) dikarenakan lubang tersebut merupakan dudukan untuk komponen tiang ejector yang memiliki suaian k6.

## 7. Tiang Penyangga



**Gambar 5.14.** Tiang penyangga

Proses permesinan dilakukan dengan menggunakan mesin bubut. Jenis proses permesinan pada proses ini adalah:

- Turning
- Drilling
- Boring
- Tapping

Proses yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 5.7.

**Tabel 5.7.** Proses pembuatan tiang penyangga

No	Proses	Keterangan
1	Pembubutan sisi luar.	Menggunakan pahat bubut eksternal standar.
2	Pembuatan bakal lubang ( <i>drilling</i> ) untuk membuat lubang Ø 10,2.	Menggunakan pahat <i>drill</i> sebagai penanda lokasi lubang.
3	Pembuatan lubang Ø 10,2 sedalam 27 mm sebagai tempat baut M12.	Menggunakan pahat <i>bor</i> Ø 10,2.
4	Pembuatan bakal lubang ( <i>drilling</i> ) untuk membuat lubang Ø 10,2.	Menggunakan pahat <i>drill</i> sebagai penanda lokasi lubang.
5	Pembuatan lubang Ø 10,2 sedalam 27 mm sebagai tempat baut M12.	Menggunakan pahat <i>bor</i> Ø 10,2.
6	Pembuatan ulir dalam M12 x2	Menggunakan <i>tap</i> untuk ulir dalam M12

Hasil manufaktur dari komponen tiang penyangga dapat dilihat pada gambar 5.15.



**Gambar 5.15.** Hasil manufaktur tiang penyangga

Setelah proses pembuatan selesai, selanjutnya dilakukan pengukuran dimensi. Hasil pengukuran dimensi yang didapatkan

sama dengan dimensi rancangan. Toleransi yang perlu digunakan pada komponen ini adalah toleransi ketegaklurusan dengan nilai 0,3 dan toleransi kerataan sebesar 0,1 (sesuai standar DIN ISO 2768 T2). Toleransi ini diberikan agar saat beroperasi poros dapat bergerak dengan aman sehingga *ejector* dapat berfungsi dengan baik. Suaian pada diameter 30k6 (suaian puntir) untuk menempati kedudukan komponen ini dengan lubang 30H7.


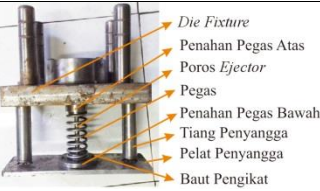
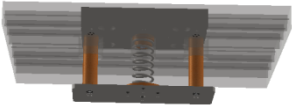
**5.2. Perakitan Komponen *Cup Ejector***

Komponen dirakit sesuai dengan hubungan antara komponen satu dengan yang lain. Hal tersebut dilakukan supaya semua komponen terpasang dengan baik sehingga *cup ejector* berfungsi sesuai yang diinginkan. Tahapan perakitan tersebut sesuai dengan tabel 5.8.

**Tabel 5.8.** Tahapan perakitan komponen

No	Tahap perakitan	Hasil Rakitan
1	<p>Pemasangan pelat penyangga dengan penahan pegas bawah:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Posisi penahan pegas bawah berada diatas pelat penyangga. Pengikatan menggunakan 4 buah baut M6 dan dilakukan dengan kepala baut berada dibawah.</li></ul>	
2	<p>Pemasangan Pegas pada penahan pegas atas dan penahan pegas bawah:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Pegas dimasukkan pada tempat pegas pada kedua komponen penahan pegas atas dan penahan pegas bawah</li></ul>	



3	<p>Pemasangan kedua tiang penyangga pada <i>die fixture</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kedua tiang penyangga dipasang tegak lurus dengan <i>die fixture</i> dan masing-masing diikat dengan baut M12.</li> </ul>	
4.	<p>Perakitan seluruh komponen <i>cup ejector</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perakitan seluruh komponen <i>cup ejector</i> untuk mengetahui gambaran dari seluruh komponen yang terpasang.</li> </ul>	
5.	<p>Pemasangan kedua tiang penyangga pada pelat penyangga.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pemasangan kedua tiang penyangga pada pelat penyangga dilakukan melalui lubang pada bed dan frame mesin. Masing-masing diikat dengan baut M12. Pengikatan baut dilakukan lewat bawah <i>frame</i> mesin.</li> </ul>	 <p>(Gambar Rancangan)</p>

6	<p>Pemasangan poros ejector dan plat penyangga <i>cup</i> pada ejector.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pemasangan poros ejector dilakukan dengan cara memasukkan poros melalui lubang die. Hal ini dilakukan bersama-sama dengan langkah nomor 5.</li> </ul>	
---	--	---

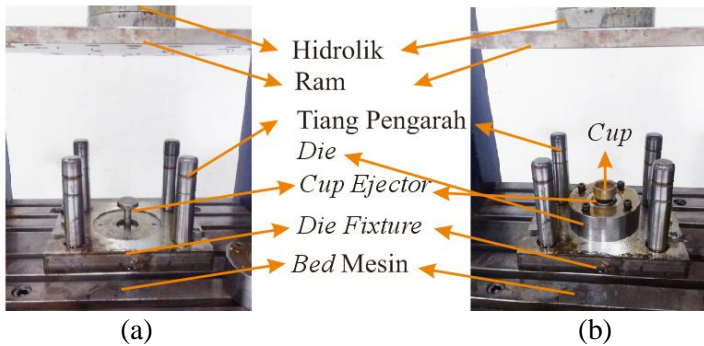
### 5.3. Uji Coba Fungsi Pengeluaran *Cup* silindris dengan *Cup Ejector*

Pelaksanaan uji coba fungsi pengeluaran cup dilakukan di *workshop* Teknik Mesin ITS Surabaya. Uji coba dilakukan dengan mesin *press* hidrolik. Tujuan dilakukan uji coba ini adalah untuk mengetahui kinerja dari *cup ejector* yang telah dibuat dan dirakit dengan tujuan untuk pengeluaran *cup* silindris. Adapun tahapan yang dilakukan dalam percobaan pengeluaran *cup* ini antara lain:

#### 5.3.1. Persiapan Alat dan Bahan

Alat, mesin dan bahan yang disiapkan pada uji coba pengeluaran *cup* ini antara lain:

- Mesin *Press* Hidrolik
- Konstruksi *cup ejector*
- *Cup* silindris
- Pelumas (oli)
- Jangka Sorong
- Penggaris
- Spidol
- Kunci L
- Alat bantu pengganti *punch*



**Gambar 5.16.** Pengaturan letak peralatan pada mesin press hidrolik (a) tanpa *die* (b) dengan *die*

### 5.3.2. Langkah-Langkah Uji Coba Fungsi Pengeluaran *Cup Silindris*

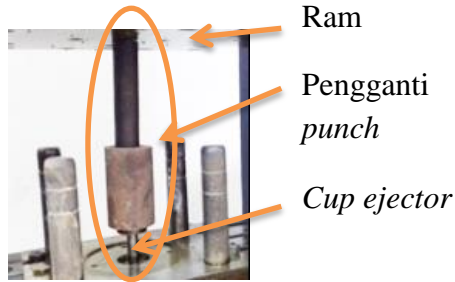
Pengujian pengeluaran *cup silindris* dibagi dalam 2 uji coba yaitu uji coba jarak maksimum penekanan yang dapat diterima *cup ejector* dan ujicoba pengeluaran *cup* dari dalam *die*.

#### a. Uji coba jarak maksimum penekanan pada *cup ejector*.

Langkah-langkah pada uji coba jarak maksimum penekanan yang dapat diterima *cup ejector* antara lain:

- Pemasangan konstruksi *die fixture* dan *cup ejector* pada mesin *press* hidrolik dengan melepaskan *die*. *Die* dilepaskan karena dapat menghalangi pengamatan dalam pengukuran jarak maksimal penekanan.
- Dilakukan pelumasan pada komponen-komponen *cup ejector* yang saling kontak seperti poros *ejector* pada lubangnya.
- Selanjutnya dilakukan penambahan alat bantu penekanan pengganti *punch* yang diletakkan diatas pelat penyangga *cup*.
- Hidrolik pada mesin digerakkan turun hingga alat bantu pengganti *punch* menyentuh ram seperti gambar 5.17.

Kemudian dilakukan penandaan pada pengarah ram dengan menggunakan spidol.



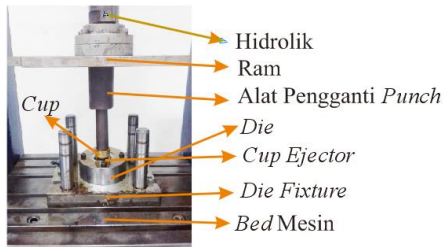
**Gambar 5.17.** Proses uji coba jarak tekan maksimum pada *cup ejector*.

- Hidrolik pada mesin digerakkan turun hingga posisi *cup ejector* tertekan maksimum dan dilakukan penandaan pada pengarah *ram* dengan menggunakan spidol.
- Hidrolik pada mesin diangkat kembali sehingga *cup ejector* tidak tertekan dan dilakukan pengukuran jarak tekan maksimum.
- Percobaan ini dilakukan 10 kali.

#### **b. Uji coba pengeluaran *cup* dari dalam *die*.**

Langkah-langkah pada uji coba penekanan *cup* pada kondisi kerjanya antara lain:

- Pemasangan konstruksi *die fixture* dan *cup ejector* pada mesin *press* hidrolik dengan kondisi *die* terpasang.
- Dilakukan pelumasan pada komponen-komponen yang saling kontak seperti *cup* silindris pada *die*.
- Selanjutnya dilakukan penambahan alat bantu penekanan pengganti *punch* yang diletakkan ke dalam *cup*.
- Hidrolik pada mesin digerakkan turun hingga alat bantu penekanan pengganti *punch* menyentuh ram seperti gambar 5.18.



**Gambar 5.18.** Proses uji coba pengeluaran *cup*.

- Hidrolik pada mesin digerakkan turun sesuai jarak kerja aktualnya.
- Hidrolik pada mesin diangkat kembali.
- Percobaan ini dilakukan 10 kali kemudian dilakukan pengamatan dan penarikan kesimpulan.

### 5.3.3. Hasil Uji Coba Pengeluaran *Cup Silindris*.

Hasil uji coba yang telah dilakukan dituliskan dan dilakukan pembahasan. Hasil uji coba dan bahasan tersebut yaitu:

#### 5.3.3.1. Hasil uji coba dan bahasan jarak maksimum penekanan pada *cup ejector*.

Uji coba pertama adalah uji coba jarak maksimum penekanan pada *cup ejector*. Pada uji coba ini didapatkan jarak penekanan maksimum yang dapat diterima oleh *ejector* ini seperti pada tabel 5.9.

**Tabel 5.9.** Jarak maksimum hasil pengujian *cup ejector*

Ujicoba	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Rata-rata
Jarak (mm)	42,5	39,9	41,5	43,0	41,4	42,1	43,8	42,4	41,9	43,2	42,17

Pada desain yang telah dibuat, jarak maksimum yang dapat diterima adalah 43 mm. Artinya, *cup ejector* hanya boleh ditekan sampai kedalaman 42,17 mm saja. Jika kedalaman penekanan melebihi 42,17 mm kemungkinan akan merusak *die fixture*.

Perbedaan jarak kedalaman yang diperoleh pada pengujian ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

- Penekanan terhadap *ejector* yang tidak dikehendaki. Hal ini dapat disebabkan saat proses pengaturan alat dan ketidakrataan alat pengganti *punch* sehingga saat hidrolik bergerak turun untuk memposisikan *punch*, *ejector* sudah tertekan.
- Pergeseran saat penandaan pada ram menggunakan spidol.
- Ketidaktelitian pada proses pengukuran
- Kotoran pada *ejector*.

Hal-hal yang perlu diperbaiki pada percobaan ini adalah:

- Punch* yang digunakan seharusnya memiliki permukaan yang rata.
- Penandaan pada ram seharusnya menggunakan spidol yang lebih tipis.
- Peralatan dan bahan agar dibersihkan lebih bersih lagi.

#### **5.3.3.2. Hasil uji coba dan bahasan pengeluaran *cup* dari dalam *die*.**

Uji coba kedua adalah uji coba pengeluaran *cup* silindris dari dalam *die*. Setelah dilakukan uji coba pengeluaran *cup* masing-masing 5 kali sesuai kondisi kerjanya, didapatkan hasil seperti pada tabel 5.10. Sedangkan *cup* yang diuji ditunjukkan pada gambar 5.19.



**Gambar 5.19.** *Cup* yang digunakan pada pengujian pengeluaran *cup*

**Tabel 5.10.** Hasil uji coba pengeluaran *cup* oleh *cup ejector*.

No.	Cup 1	Cup 2	Cup 3	Cup 4
1.	28,1	28,3	29,4	29,9
2.	29,2	28,9	28,9	29,1
3.	27,8	30,2	30,2	29,4
4.	27,7	30,4	30,4	28,9
5.	28,3	29,3	29,3	28,9
Rata-rata	28,0	29,0	29,6	29,4

Dari lima kali percobaan pada masing-masing *cup*, *cup silindris* mampu diangkat *cup ejector* dengan baik sampai pada posisi semula. Hal ini membuktikan bahwa *cup ejector* dapat berfungsi sesuai dengan fungsinya. Rata-rata jarak tekan aman yang dibutuhkan agar *cup* dapat dikeluarkan yaitu pada *cup* 1 sebesar 28,0 mm, *cup* 2 sebesar 29,0 mm, *cup* 3 sebesar 29,6 mm, dan *cup* 4 sebesar 29,4 mm. Pada jarak tekan 29,2 pada *cup* 1 mengakibatkan *cup* tersangkut sehingga *cup* gagal diangkat oleh *ejector*. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kegagalan dalam pengangkatan *cup* silindris ini antara lain:

- a. Adanya pelebaran diameter pada permukaan bibir *cup* silindris.

Pelebaran diameter pada bibir *cup* membuat *cup* silindris tersangkut di dalam lubang *die*. Berdasarkan hasil uji coba pembentukan *cup* silindris oleh Idiar 2016 didapatkan rata-rata diameter bibir *cup* sebesar 40,3 mm. Diameter ini lebih besar dibandingkan diameter lubang *die* yaitu 40 mm.

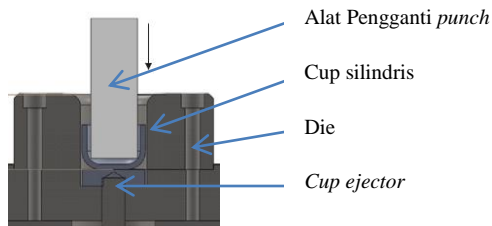
Faktor lainnya yaitu adanya ketidak rataan dan miringnya permukaan bibir *cup* silindris. Hal ini diakibatkan oleh diameter *blank* yang lebih besar sehingga tidak dapat masuk sempurna pada lubang *blank*. Hal ini seperti yang terlihat pada gambar 5.20.



**Gambar 5.20.** Bibir *cup* yang miring dan bergelombang ditunjukkan garis merah

- b. Penggunaan alat pengganti *punch* yang kurang baik.

Alat pengganti *punch* terpaksa digunakan karena *punch* yang semestinya tidak dapat digunakan akibat dari kurangnya komponen penghubung konstruksi *punch* ke *ram* mesin. Adapun alat pengganti *punch* yang digunakan memiliki kemungkinan cacat dalam proses penekanan *cup* silindris sehingga *cup* silindris menjadi tidak *center* atau miring seperti pada gambar 5.21 sehingga membuat *cup* silindris dan lubang *die* tersangkut



**Gambar 5.21.** Kondisi alat pengganti *punch* saat proses penekanan *cup* silindris.

Dari penjelasan tersebut, gaya dorong yang berasal dari energi potensial pegas perlu diganti dengan gaya hidrolik agar dapat mengeluarkan *cup* yang pada diameter bibirnya mengalami pelebaran karena ketidaksempurnaan proses pembentukannya.



## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan pembahasan yang telah dilakukan maka kesimpulan pada tugas akhir ini adalah:

1. Rancangan *cup ejector* memiliki dimensi: panjang= 280 mm, lebar=100 mm, dan tinggi= 226 mm.
2. Simulasi dengan menggunakan software CAD menunjukkan hasil dari *cup ejector* yang aman dan kuat digunakan dengan nilai tegangan maksimal yang diterima adalah 51,2 MPa dan lebih kecil dari tegangan ijin (Se) yaitu 75 MPa.
3. Kinerja *cup ejector* :
  - a) Setelah dilakukan 10 kali percobaan penekanan jarak maksimum yang dapat diterima *cup ejector*, *cup ejector* hanya mampu ditekan sedalam 42,17 mm. Jika melebihi kedalaman tersebut bisa merusak *die fixture*.
  - b) Pada ujicoba pengeluaran *cup* silindris yang masing-masing *cup* dilakukan percobaan 5 kali, *cup ejector* mampu melakukan pengeluaran *cup* dengan baik. Akan tetapi saat *cup* yang seluruh sisinya masuk sepenuhnya pada lubang *die*, *cup* silindris tersangkut karena diameter bibir *cup* tersebut memiliki rata-rata 40,3 mm dan lebih besar dari diameter lubang *die* yaitu 40 mm.

#### **6.2. Saran**

Saran yang diajukan penulis mengenai tugas akhir ini adalah:

1. Pada uji coba penekanan maksimum yang dapat diterima *cup ejector* harus diperhatikan dalam kerataan punch, kebersihan alat, dan peralatan untuk pengukuran jarak.

2. Dalam melakukan uji coba fungsi pengeluaran *cup* silindris, harus lebih diperhatikan pada penggunaan *punch*, sehingga *cup* silindris mampu terbenam secara sempurna di dalam lubang *die* dan mengurangi faktor kesalahan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Pollack, Herman W. 1988. *Tool Design Second Edition*. United States: Prentice Hall
- Boljanovic, Vukota. 2004. *Sheet Metal Forming Processes And Die Design*. United States: Industrial Press
- Deutschman, Michels, Wilson. 1975. *Machine Design*. United States: Macmillan Publishing
- Widhi Artha, Gandhi. 2015. *Perancangan Die Set untuk Proses Ironing Selongsong Peluru Kaliber 20 Milimeter*. Jurusan Teknik Mesin FTI ITS.
- Idiar. 2016. *Rancang Bangun Cetakan Deep Drawing Cup Silindris untuk Selongsong Peluru Kaliber 20 Milimeter*. Jurusan Teknik Mesin FTI ITS.
- Yunansha, Doni. 2015. *Perancangan Frame Mesin Press Hidrolik Untuk Proses Ironing Selongsong Peluru Kaliber 20 Milimeter*. Jurusan Teknik Mesin FTI ITS.
- Batan, I.M.L. 2012. *Desain Produk*. Surabaya: Guna Widya.
- Hollomon, John H. *Tensile Stress-Strain Curves of a 70-30 Brass*. England: Watertown Arsenal Laboratory.

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

## LAMPIRAN A

Materials and Material Combinations		Static Frictional Coefficient - $\mu_s$ -	
		Clean and Dry Surfaces	Lubricated and Greasy Surfaces
Aluminum	Aluminum	1.05 - 1.35	0.3
Aluminum-bronze	Steel	0.45	
Aluminum	Mild Steel	0.61	
Brake material <sup>2)</sup>	Cast iron	0.4	
Brake material <sup>2)</sup>	Cast iron (wet)	0.2	
Brass	Steel	0.35	0.19
Brass	Cast Iron	0.3 <sup>1)</sup>	
Brick	Wood	0.6	
Bronze	Steel		0.16
Bronze	Cast Iron	0.22 <sup>1)</sup>	

**Gambar 1.** Tabel koefisien gesek

([http://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d\\_778.html](http://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d_778.html))

UTS [MPa]	YS [MPa]	A <sub>5</sub> [%]	Young's modulus [GPa]	Poisson ratio	Grain Size [ $\mu$ m]
339	113	65	110	0.345	33

UTS = *ultimate tensile strength*, YS = *yield strength*, A<sub>5</sub> = *elongation to rupture*

**Gambar 2.** Mechanical properties CuZn30 (S. Hankel)

### GENERAL TOLERANCES FOR FORM AND POSITION (DIN ISO 2768 T2)

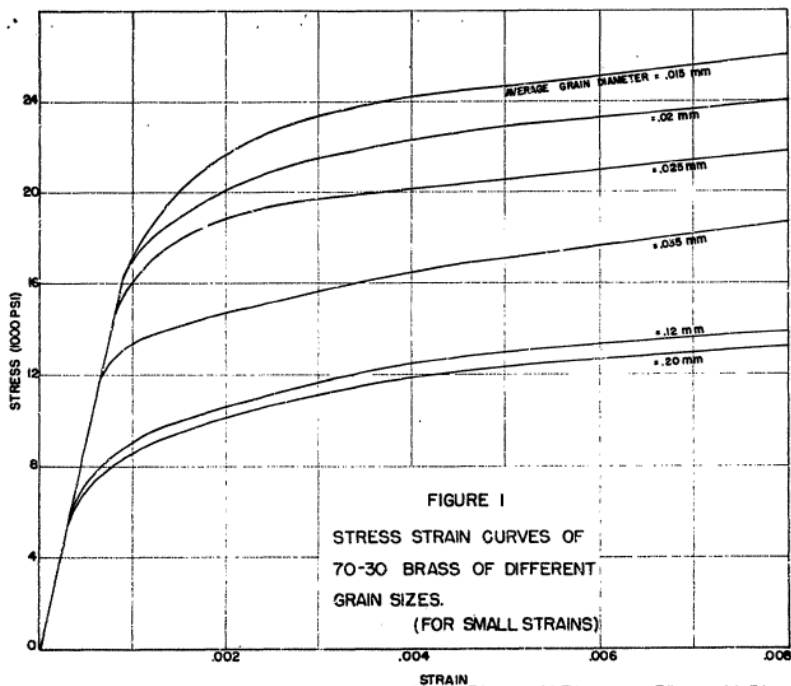
#### STRAIGHTNESS AND FLATNESS

Ranges in nominal lengths in mm	Tolerance class		
	H	K	L
up to 10	0.02	0.05	0.1
over 10 up to 30	0.05	0.1	0.2
over 30 up to 100	0.1	0.2	0.4
over 100 up to 300	0.2	0.4	0.8
over 300 up to 1000	0.3	0.6	1.2
over 1000 up to 3000	0.4	0.8	1.6

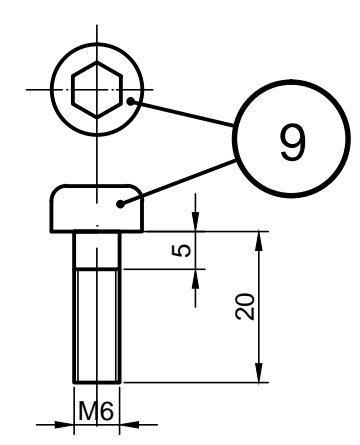
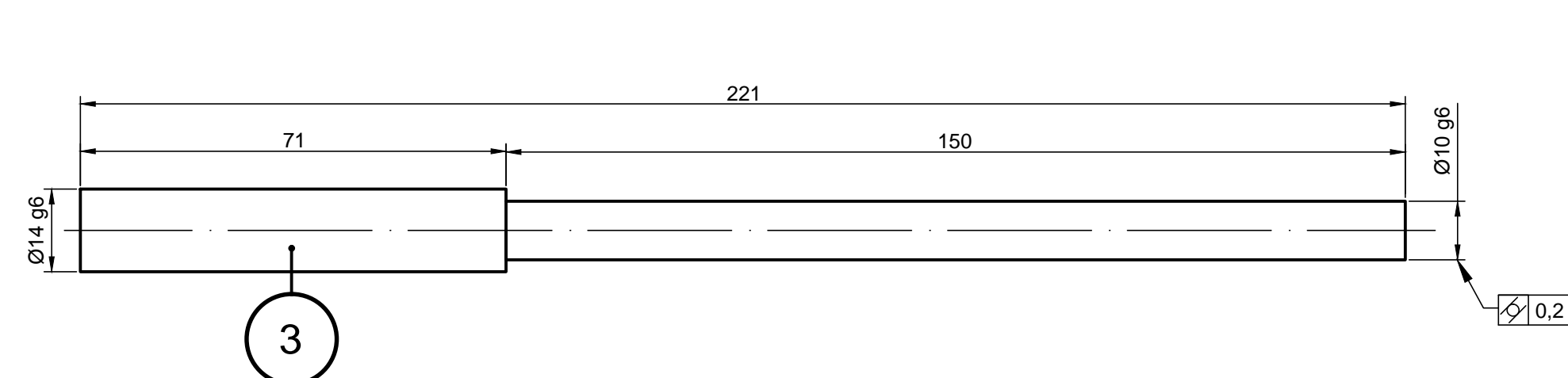
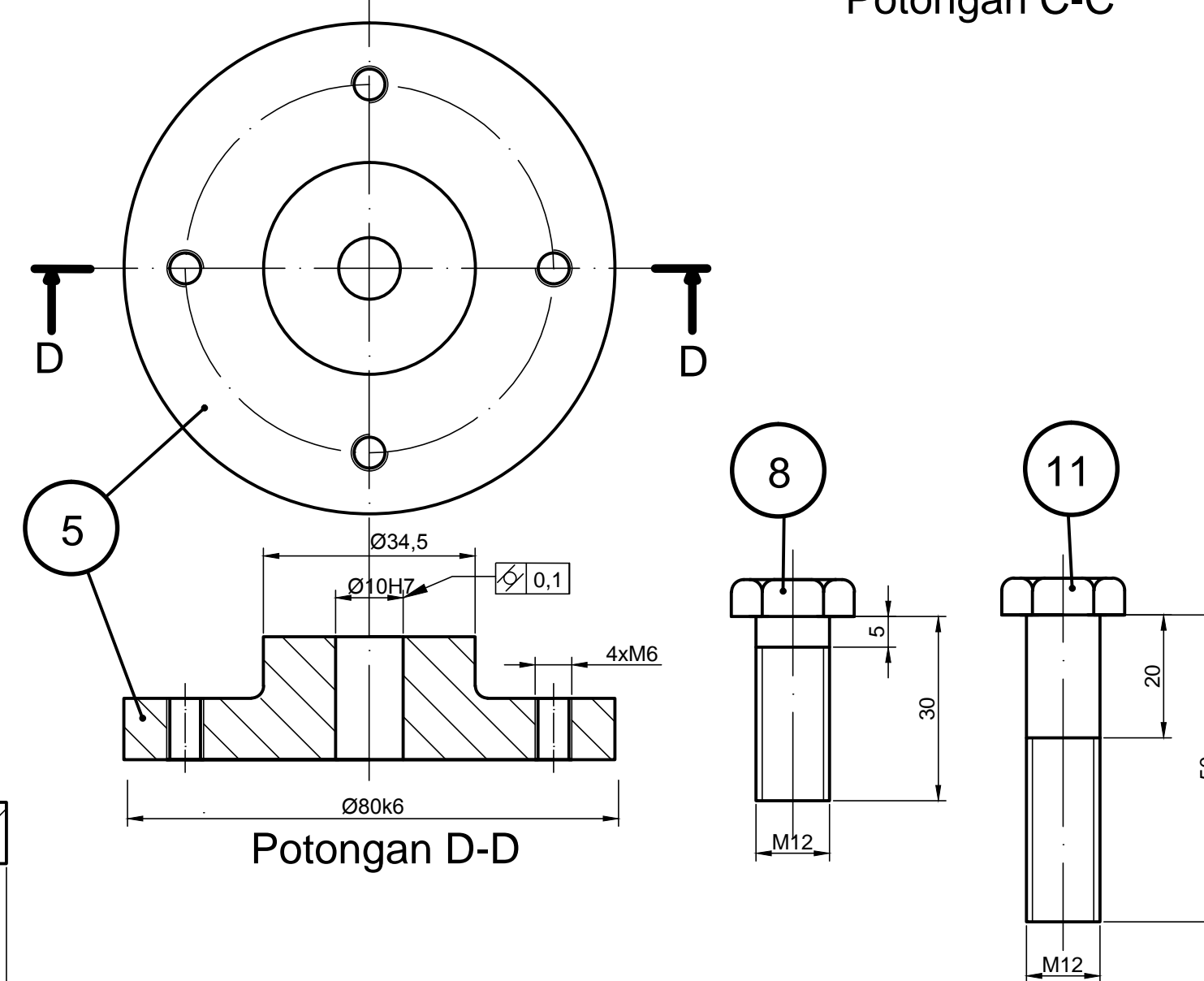
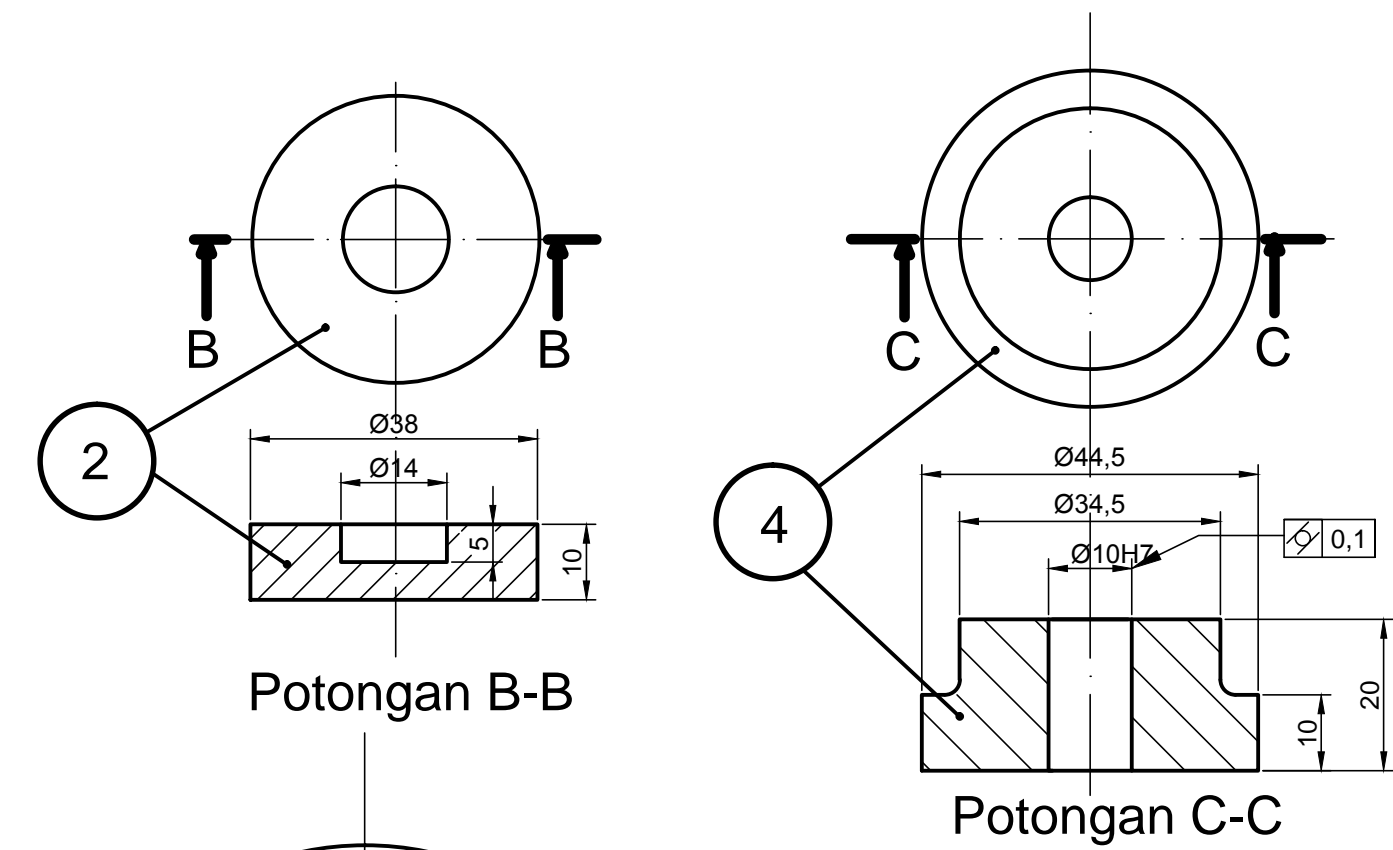
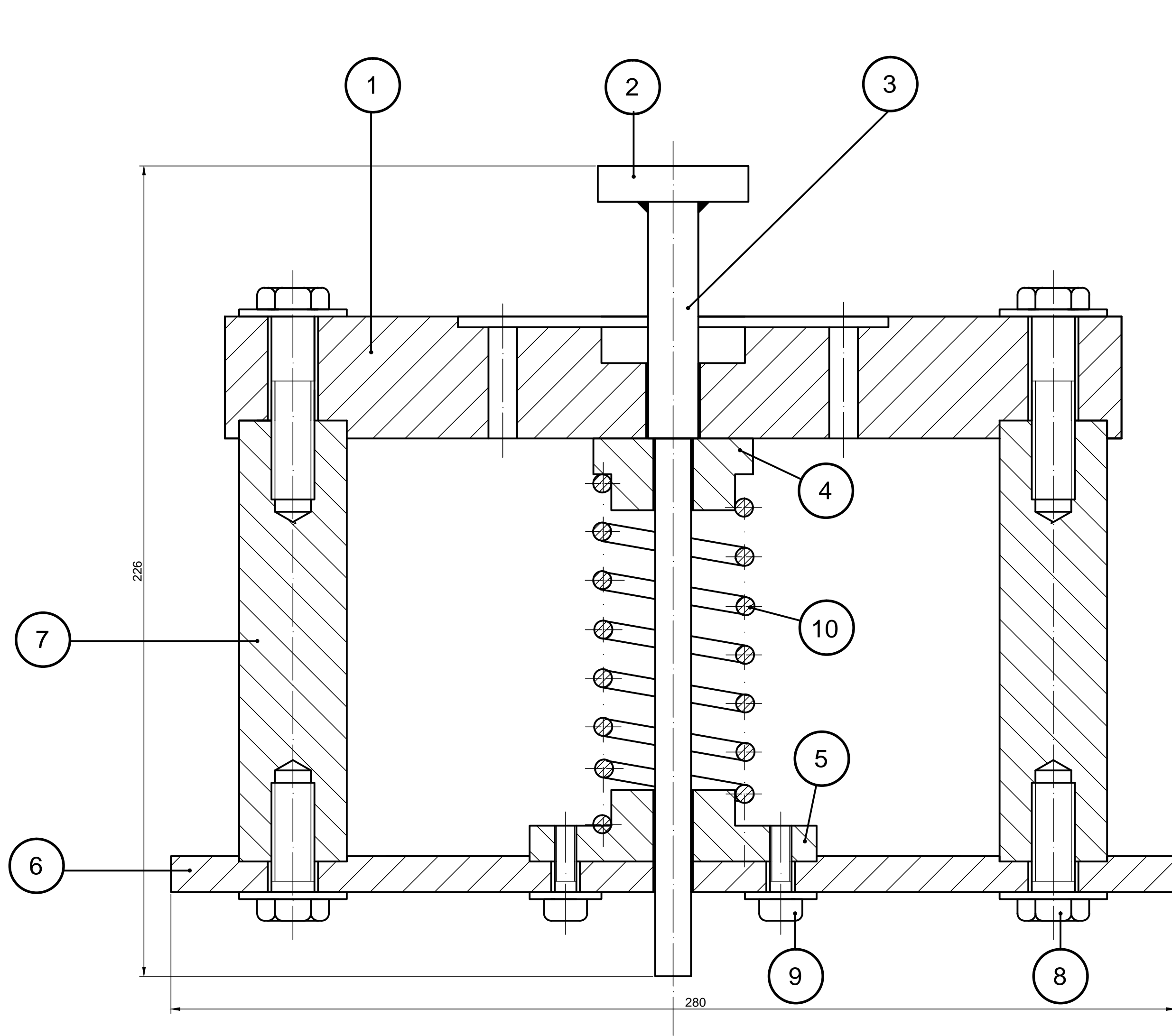
# PERPENDICULARITY

Ranges in nominal lengths in mm	Tolerance class		
	H	K	L
up to 100	0.2	0.4	0.6
over 100 up to 300	0.3	0.6	1
over 300 up to 1000	0.4	0.8	1.5
over 1000 up to 3000	0.5	0.8	2

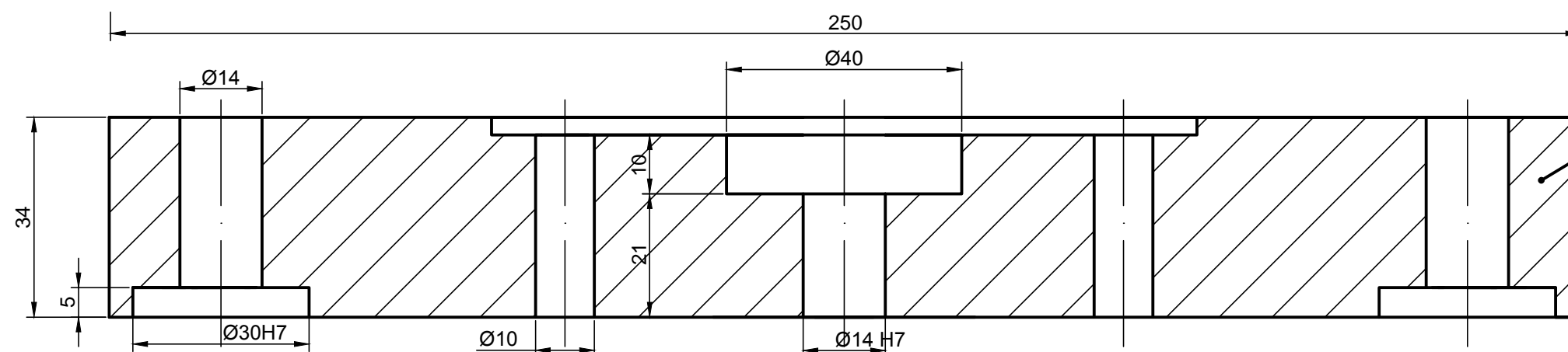
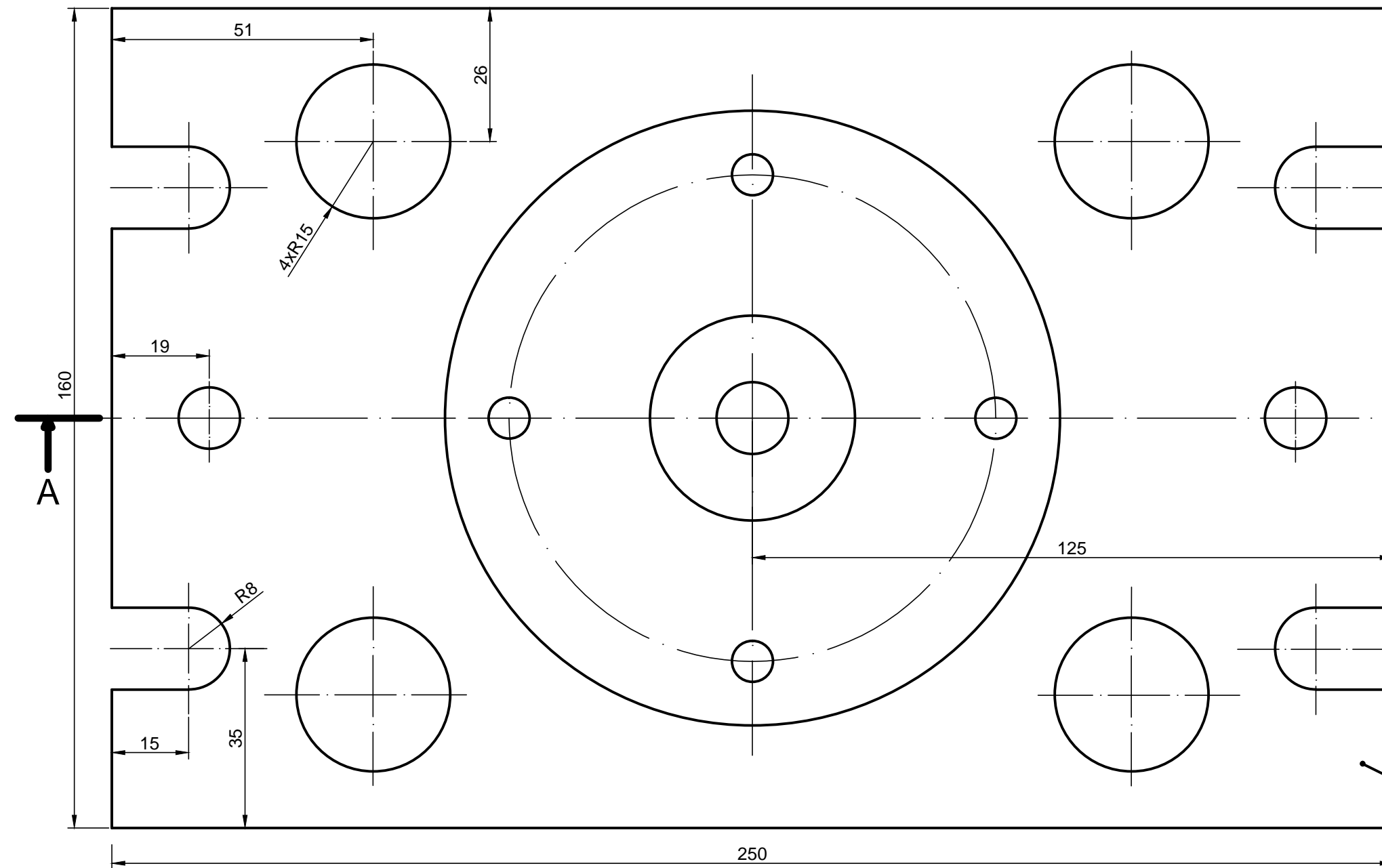
**Gambar 3.** *General Tolerances for Form and Position (DIN ISO 2768 T2)*



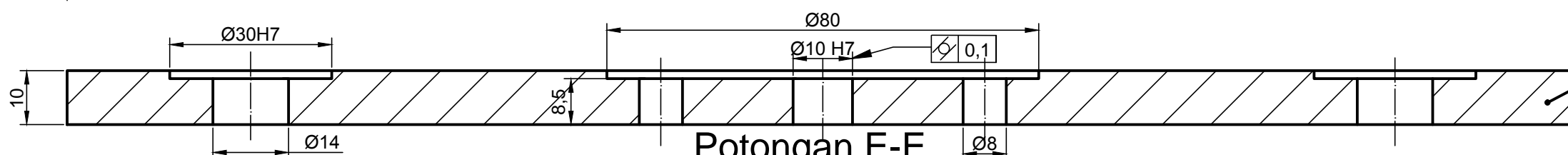
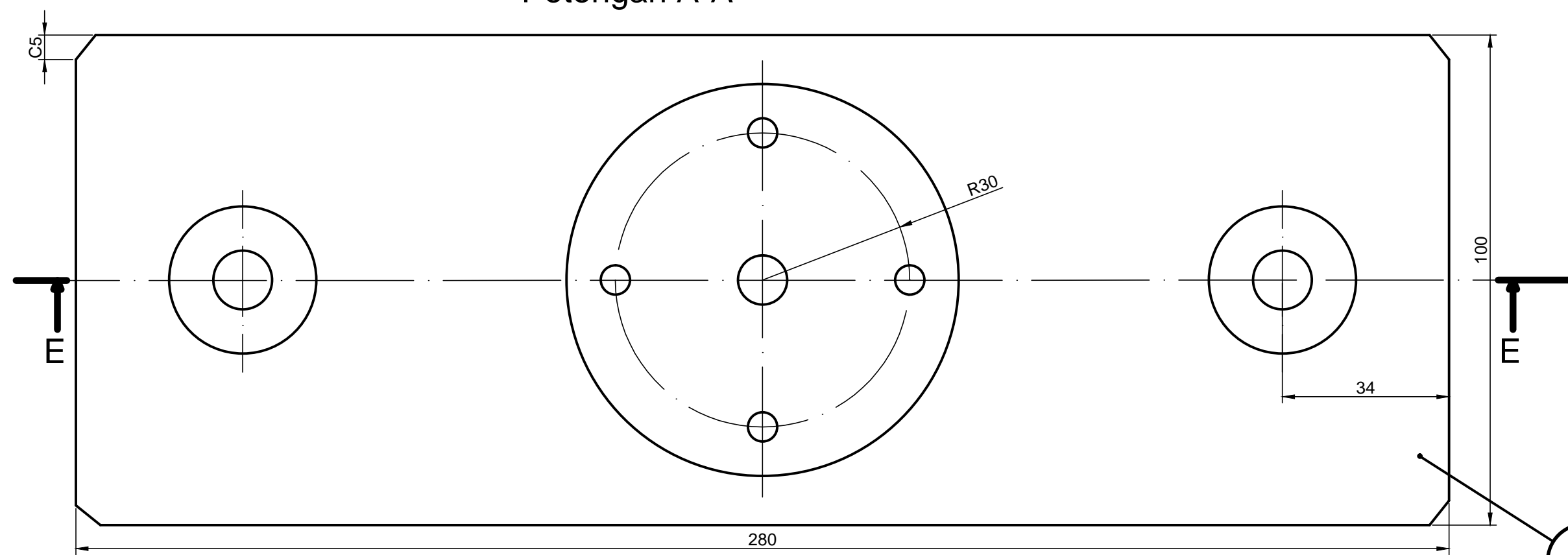
**Gambar 4.** *Stress-Strain Curves of 70-30 Brass*



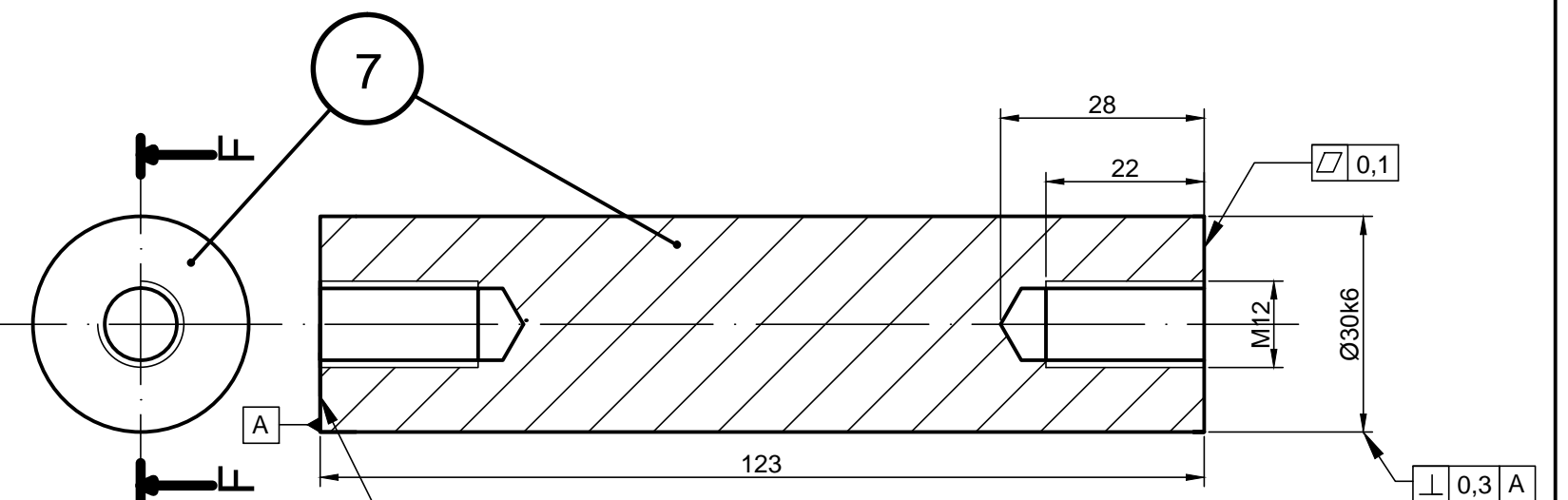
11	2	BAUT DIE FIXTURE	SCM 435	M12 X 50	
10	1	PEGAS	BAJA PEGAS		
9	4	BAUT PNHN PGS BWH	SCM 435	M6 X 20	
8	2	BAUT PELAT PNYGGA	SCM 435	M12 X 30	
7	2	TIANG PENYANGGA	G. CAST IRON		
6	1	PELAT PENYANGGA	G. CAST IRON		
5	1	PENAHAN PEGAS BWH	G. CAST IRON		
4	1	PENAHAN PEGAS ATS	G. CAST IRON		
3	1	POROS EJECTOR	G. CAST IRON		
2	1	PELAT PENYGGGA CUP	G. CAST IRON		
1	1	DIE FIXTURE	S45C		
NO.	JUMLAH	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
		Toleransi ISD			
	SKALA : 1 : 1		DIGAMBAR : AFRIZAL YULIAFIF		PERINGATAN :
	UKURAN : mm		NRP : 2111100097		
			DILIHAT : Prof. I MADE LONDEN B.		
TEKNIK MESIN ITS		TUGAS AKHIR : CUP EJECTOR			A2



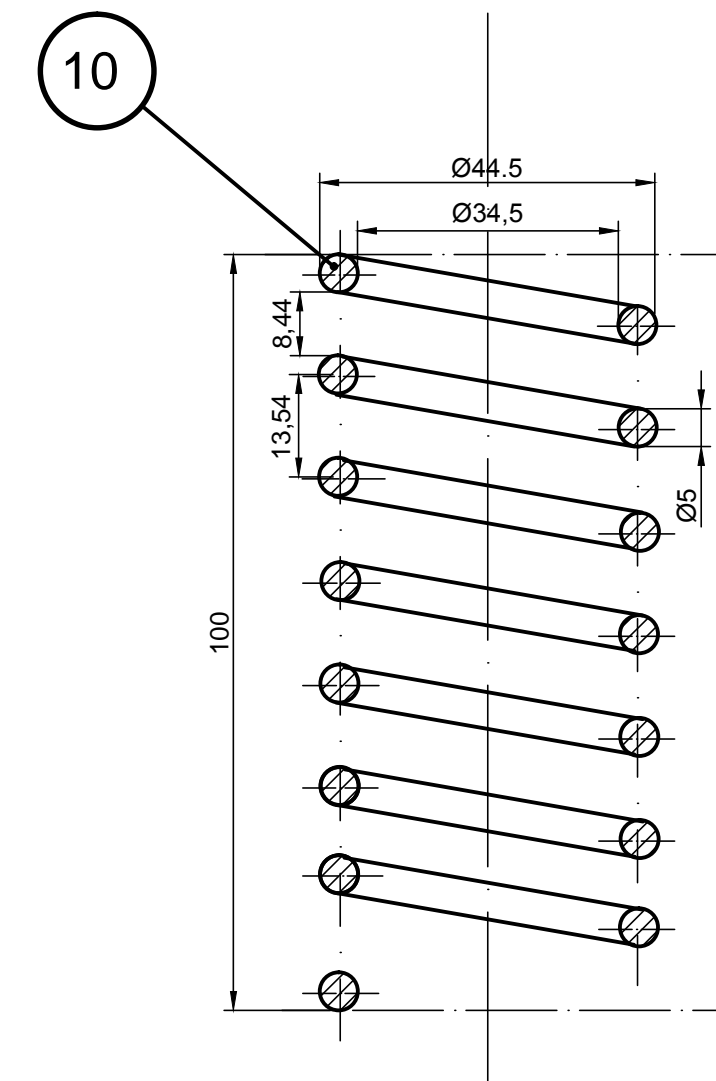
Potongan A-A

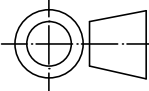


Potongan E-E



Potongan F-F



10	1	PEGAS	BAJA PEGAS			
7	1	TIANG PENYANGGA	G. CAST IRON			
6	1	PELAT PENYANGGA	G. CAST IRON			
1	1	DIE FIXTURE	S45C			
NO.	JUMLAH	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN	
		Toleransi ISO				
	SKALA : 1 : 1		DIGAMBAR : AFRIZAL YULIAFIF		PERINGATAN :	
	UKURAN : mm		NRP : 2111100097			
			DILIHAT : Prof. I MADE LONDEN B.			
TEKNIK MESIN ITS			TUGAS AKHIR : COMPONENT			A2



## BIOGRAFI PENULIS



Afrizal Yuliafif, lahir pada 3 Juli 1993 di kota Pati. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang lahir dari kedua orang tua bernama Bapak Samsuri dan Ibu Mu'alimah. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Serutsadang, SMPN 1 Winong, SMAN 1 Pati, dan akhirnya penuli masuk menjadi mahasiswa program sarjana Departemen Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember angkatan 2011. Selama menjalani masa perkuliahan, penulis juga aktif terlibat dalam organisasi kemahasiswaan. Selain pengalaman tersebut, penulis juga pernah melakukan Kerja Praktik di PT. Dirgantara Indonesia dan PT. Semen Indonesia. Pada akhir masa perkuliahan, penulis memilih mengerjakan tugas akhir di Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk. Dengan semangat perjuangan, penulis yang bercita-cita menjadi pengusaha ini mampu menyelesaikan tugas akhir serta pendidikan S1 Teknik Mesin ITS.

Data Pribadi Penulis	
Nama	Afrizal Yuliafif
Telp/HP	085640029862
Email	Afrizaly1@gmail.com